COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 JUIN 1870.

PRÉSIDENCE DE M. LIOUVILLE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le Président de l'Institut invite l'Académie à vouloir bien désigner l'un de ses Membres pour la représenter, comme lecteur, dans la prochaine séance trimestrielle, qui doit avoir lieu le 6 juillet prochain.

SYSTÈME MÉTRIQUE. — *Remarques relatives à la division décimale des angles et du temps; par* **M. Yvon Villarceau.**

« Si je n'ai pas pris part à la discussion soulevée par M. d'Abbadie, dans la séance du 23 mai, ce n'est pas que la question me fût indifférente; mais je me suis arrêté devant une objection que M. d'Abbadie reconnaît plausible : « Un système de mesure adopté par la plupart des nations ci- » vilisées ne doit pas être changé. » Cependant les observations présentées dans la dernière séance par M. R. Wolf montrent que tous les astronomes ne partagent pas l'indifférence générale. J'avais moi-même soulevé la question de la division décimale des angles et du temps, mais sans succès je dois l'avouer, devant le Bureau des Longitudes. Je demande à l'Académie la permission de consigner ici l'opinion que j'ai soutenue devant ce corps

savant, dans sa séance du 9 novembre 1864. Voici textuellement ce que contient le procès-verbal de cette séance :

« A l'occasion des progrès de la propagation de notre système métrique,
» M. Yvon Villarceau fait remarquer que les auteurs du système, les astro-
» nomes, en sont cependant encore à faire usage de la division sexagési-
» male du cercle et du jour : il ne regrette pas, du reste, que la division
» centésimale de l'angle droit n'ait pas été suivie, parce que, selon lui,
» c'est la circonférence et non l'angle droit, qu'il eût fallu prendre pour
» unité angulaire. Deux motifs militent en faveur de ce choix : 1° si l'on
» prend le jour pour unité de temps, on passe aux ascensions droites, aux-
» quelles le temps sert de mesure, sans autre changement que celui du
» nom, lorsque la circonférence est prise pour unité; tandis que dans le
» système dit *centésimal*, il faut multiplier par 4 les temps observés; 2° lors-
» qu'on veut se servir des Tables trigonométriques, et que l'on a affaire à
» un angle embrassant plusieurs circonférences, comme cela se présente
» dans les applications astronomiques (multiples élevés d'un angle donné),
» il faut préalablement retrancher tous les multiples de 360 ou 400 degrés,
» tandis qu'en adoptant la circonférence pour unité angulaire, il suffirait
» de considérer la partie décimale de l'angle proposé. L'adoption de la cir-
» conférence conserverait ainsi la parfaite analogie que présentent les loga-
» rithmes et les angles, quand la base du système de logarithmes et l'unité
» angulaire sont convenablement choisis : de même que l'on ne change pas
» la figure d'un nombre en altérant la caractéristique de son logarithme
» pris dans la base 10; de même, on ne changerait pas la situation d'une
» droite définie par un angle, en altérant le nombre des unités contenues
» dans l'expression de cet angle au moyen de la circonférence prise pour
» unité : la partie entière dudit angle représente en effet la caractéris-
» tique du logarithme qui exprime l'angle au moyen des deux coordon-
» nées rectangulaires d'un point pris sur l'un de ses côtés, rapportées à
» des axes parallèle et perpendiculaire à l'autre (1). . . . . . »

---

(1) Suivant un usage très-répandu dans les observatoires, les nombres entiers de circonférence sont traités comme des caractéristiques de logarithmes décimaux : certaines quantités sont mesurées par les nombres entiers ou fractionnaires de tours des vis micrométriques, comptés positifs dans un sens déterminé. On écrit, par exemple : $3^t,681$; $\bar{2}^t,417$; le second de ces chiffres, où le nombre entier de tours est négatif, s'écrit tel qu'on le lit effectivement sur l'instrument; il est équivalent à $-1^t,583$, ou à $1^t,583$ comptés dans le sens négatif; mais le plus souvent il entre dans les calculs sans subir la transformation précédente.

« Le système métrique décimal », ajoute M. Yvon Villarceau, « a été
» proposé, non-seulement pour satisfaire à un besoin d'uniformité dans
» les différentes mesures, mais aussi pour simplifier considérablement les
» opérations numériques : or, parmi ceux qui se livrent à de telles opé-
» rations, les astronomes occupent incontestablement le premier rang, et
» il importerait qu'ils pussent profiter aussi des avantages d'un système
» qu'ils ont réussi à mettre dans les mains des autres. »

» Cette Communication ne pouvait avoir pour conséquence immédiate la réforme du système de numération des angles et du temps, usité dans les publications du Bureau des Longitudes : il est certain, en effet, que les habitudes des astronomes, sous ce rapport, ne pourront être changées qu'à la suite d'une sorte de concert entre les plus influents d'entre eux.

» Incontestablement le système décimal finira par s'étendre à toutes les espèces d'unités concrètes : le jour étant devenu l'unité de temps, la circonférence s'imposera comme unité angulaire, et une lettre unique, τ par exemple, servira à représenter la circonférence entière au lieu de la quantité 2π (on expliquera plus loin le motif du choix de la lettre τ). La nécessité de réaliser le changement d'unités ne fera qu'augmenter avec le temps, puisque la masse des transformations à effectuer ira toujours en croissant; mais il est à présumer que, si les géomètres se décident à faire exécuter les nombreuses Tables des fonctions analytiques que réclame l'application des théories mathématiques, leur concours ne fera pas défaut, et la transformation si ardemment désirée par ceux qui ont à faire de longs calculs numériques ne se fera plus longtemps attendre.

» Mes conclusions sont, comme on le voit, identiques avec celles de M. R. Wolf : « Dans le cercle et le jour, nous possédons des unités données
» par la nature; en prendre le quart pour unité, c'est introduire tout
» d'abord quelque chose d'arbitraire, » nous dit ce savant astronome. M. d'Abbadie répond : « Le quart de cercle est l'unité naturelle employée
» de tout temps pour les fonctions trigonométriques.... J'ai peine à com-
» prendre ce qu'il y a d'arbitraire dans le quart de cercle pris pour
» unité. »

» L'affirmation de M. d'Abbadie me paraît contestable : en effet, si le quart de cercle a été de tout temps considéré à part, relativement à la génération des fonctions trigonométriques, c'est qu'en effet ces fonctions y prennent toutes les valeurs *absolues* qu'elles présentent dans l'étendue d'une ou de plusieurs circonférences; mais le quart de cercle a-t-il été

pour cela réellement considéré comme l'unité angulaire? La dénomination si usitée de *quadrant* (quart de cercle) ne prouverait-elle pas, au contraire, que le cercle entier était tacitement pris pour unité? Sans remonter aux origines, on peut faire remarquer que les fonctions trigonométriques n'accomplissent pas leurs entières évolutions dans le quart de cercle; à l'exception de la tangente et de son inverse, elles ne prennent toutes les valeurs dont elles sont susceptibles que dans la circonférence entière : la circonférence seule représente exactement la période de ces évolutions.

» Quand on se place au point de vue de la Géométrie élémentaire et que j'appellerai volontiers le *point de vue statique*, il peut paraître naturel de prendre pour unité l'angle droit ou même le double de cet angle; mais lorsqu'on veut envisager la génération des lignes et des surfaces par le mouvement des points et des lignes, le choix cesse d'être arbitraire. Qu'on fasse tourner une droite dans un plan, autour d'une de ses extrémités, dans un même sens, elle passera par sa position primitive après avoir fait d'abord un *tour*, puis deux *tours*, etc.; le *tour* est donc, à ce point de vue plus général que l'autre, la véritable unité angulaire, et comme il est accompli sans qu'on ait à se préoccuper du chemin linéaire décrit par chaque point de la droite, il serait évidemment préférable d'employer la dénomination de *tour* plutôt que celle de *circonférence*. En désignant le tour par la lettre τ, les parties du *tour* que l'on aurait à considérer s'écriraient $\frac{\tau}{2}, \frac{\tau}{3}, \ldots, \frac{\tau}{n}$, au lieu de $\frac{2\pi}{2}, \frac{2\pi}{3}, \ldots, \frac{2\pi}{n}$.

» Dans ce système, l'argument des Tables trigonométriques serait la partie fractionnaire du *tour* : de même, dans les Tables des autres fonctions périodiques, il conviendrait de prendre pour argument la fraction de période correspondante à la valeur donnée de la variable, plutôt que de prendre, comme l'ont fait quelques auteurs, un nombre quatre fois plus fort, par analogie avec ce qui se pratique pour les Tables trigonométriques centésimales.

» Qu'on me permette, en terminant, de présenter une remarque sur la subdivision décimale du jour : la seconde sexagésimale est la 86400e partie du jour; et les astronomes la subdivisent en dix parties; or personne ne contestera qu'ils ne parviennent aisément à subdiviser, de la même manière, la cent-millième partie du jour, quantité qui ne diffère que d'environ $\frac{1}{9}$ de la seconde sexagésimale. »

PHYSIQUE. — *Sur la chaleur spécifique des mélanges d'alcool et d'eau.* Note de **MM. Jamin** et **Amaury.**

« Dans un travail présenté à l'Académie le 28 mars dernier, nous avons mesuré la chaleur spécifique de l'eau à diverses températures par le procédé suivant :

» Autour d'un vase cylindrique en cuivre mince, nous enroulons un fil de laiton couvert de soie, dont la résistance mesurée à diverses températures est $90(1 + 0,0015.t)$. Nous y faisons passer un courant dont l'intensité se mesure par la déviation δ d'une boussole de tangentes ; il développe par minute une quantité de chaleur Q donnée par la loi de Joule :

$$Q = 90K(1 + 0,0015.t)\operatorname{tang}^2\delta.$$

D'autre part, on verse dans le calorimètre un poids de liquide qui est toujours le même et égal à 300 grammes, à quoi il faut ajouter celui du calorimètre réduit en eau, qui est 9,3. Ce liquide, continuellement brassé par un agitateur, recueille la chaleur développée dans la spirale et s'échauffe de Δt par minute. On a, en appelant γ la chaleur spécifique,

$$Q = 309^{gr},3.\gamma\Delta t;$$

d'où

$$\gamma = \frac{90K(1 + 0,0015.t)\operatorname{tang}^2\delta}{309^{gr},3.\Delta t}.$$

» Le calorimètre est au milieu d'une enceinte qu'on peut maintenir à une température voisine de la sienne ; la perte par rayonnement est très-petite ; on en tient compte par les méthodes connues, en observant la température avant et après le passage du courant. En appliquant la méthode à l'eau, nous avons trouvé

$$\gamma = \frac{90K(1 + 0,0015.t)\operatorname{tang}^2\delta}{309^{gr},3.\Delta t} = 20,8\left(\frac{1}{1 - 0,0011.t}\right).$$

» En prenant pour unité la chaleur spécifique de l'eau à zéro, on a

$$\frac{90K}{309^{gr},3} = 23,6, \quad K = 10,6, \quad \gamma = \frac{1}{1 - 0,0011.t};$$

la quantité K est trouvée une fois pour toutes et servira pour tous les liquides.

» Nous venons aujourd'hui communiquer à l'Académie le résultat des mêmes recherches sur divers mélanges d'alcool et d'eau. Rien n'a été changé aux appareils ni au mode d'exécution ; le poids du liquide est resté le même,

le courant a gardé sensiblement une intensité égale, et les corrections une même valeur. On eut la précaution de terminer les expériences comme on les avait commencées, par une dernière étude sur l'eau ; elle fut concordante avec la première, ce qui prouve que K n'avait pas changé et que les résultats sont rigoureusement comparables. On étudia neuf mélanges différents, dans lesquels la proportion de l'eau ε s'échelonnait régulièrement de zéro à 1. Nous transcrivons les résultats trouvés pour quatre d'entre eux :

TABLEAU N° 1. — *Chaleurs spécifiques des mélanges d'alcool et d'eau.*

t	Δt	δ	V observées.	V calculées.
1re SÉRIE. $\varepsilon = 0$. (Alcool.)				
20,92	0,895	23,09	0,660	0,650
24,90	0,890	23,03	0,663	0,660
28,85	0,880	23,00	0,674	0,675
32,55	0,865	22,54	0,685	0,695
36,15	0,855	22,48	0,692	0,702
39,52	0,845	22,45	0,702	0,715
44,15	0,830	22,42	0,718	0,725
45,70	0,825	22,40	0,722	0,735
48,62	0,815	22,36	0,728	0,750
2e SÉRIE. $\varepsilon = 0,16$.				
18,52	0,780	23,00	0,744	0,770
22,35	0,770	22,57	0,757	0,785
25,87	0,750	22,55	0,780	0,798
29,35	0,740	22,54	0,796	0,812
32,70	0,730	22,52	0,809	0,825
35,75	0,720	22,51	0,822	0,830
34,12	0,725	22,50	0,816	0,830
37,02	0,720	22,48	0,823	0,835
40,00	0,710	22,45	0,832	0,840
42,75	0,705	22,42	0,841	0,850
45,60	0,700	22,39	0,848	0,860
5e SÉRIE. $\varepsilon = 0,66$.				
17,75	0,550	23,21	1,090	0,990
16,25	0,550	23,18	1,082	1,087
18,95	0,545	23,16	1,093	1,092
24,57	0,544	23,15	1,106	1,100
27,45	0,542	23,12	1,110	1,110
30,25	0,540	23,10	1,117	1,114
32,90	0,538	23,09	1,124	1,125
35,12	0,536	23,07	1,128	1,130
37,30	0,535	23,06	1,133	1,130
39,57	0,533	23,05	1,143	1,132
41,87	0,530	23,03	1,150	1,140
7e SÉRIE. $\varepsilon = 0,83$.				
14,70	0,540	23,12	1,089	1,080
17,27	0,535	23,06	1,093	1,080
19,67	0,532	23,00	1,092	1,085
22,20	0,530	22,57	1,096	1,090
24,87	0,530	22,54	1,094	1,090
27,60	0,528	22,51	1,099	1,096
30,10	0,525	22,48	1,103	1,100
32,45	0,520	22,45	1,112	1,110

» Tous ces résultats ont été tracés graphiquement, en prenant les températures pour abscisses. Dans chaque cas les points étaient sensiblement en ligne droite, et les expériences ont pu se représenter par la formule $a + bt$. Voici le résumé de toutes les mesures :

TABLEAU N° 2. — *Résumé des expériences.*

	Proportion d'eau ε.	Chaleur spécifique γ.
Alcool pur...........	0	$0,580 + 0,00340.t$
Mélange n° 1........	0,16	$0,720 + 0,00310.t$
» n° 2........	0,33	$0,840 + 0,00300.t$
» n° 3........	0,50	$0,940 + 0,00280.t$
» n° 4........	0,66	$1,030 + 0,00250.t$
» n° 5........	0,75	$1,055 + 0,00220.t$
» n° 6........	0,83	$1,065 + 0,00205.t$
» n° 7........	0,916	$1,060 + 0,00200.t$
Eau pure...........	1,00	$1,000 + 0,00110.t$

» Le coefficient de t représente l'accroissement de γ pour 1 degré de température, ou la tangente de l'angle que fait avec l'axe des t la droite figurative des chaleurs spécifiques. On voit, par le tableau n° 2, que cet angle diminue depuis l'alcool pur, où il est maximum, jusqu'à l'eau. Ainsi la chaleur spécifique est d'autant plus variable avec la température que le mélange contient moins d'eau.

» Si l'on porte son attention sur le premier coefficient, qui exprime la chaleur spécifique à zéro, on voit qu'il augmente d'abord rapidement avec la proportion d'eau; il devient égal à l'unité quand cette proportion est égale à 0,59; il continue de croître et atteint un maximum égal à 1,065 quand $\varepsilon = 0,80$, après quoi il redescend jusqu'à l'unité pour $\varepsilon = 1$.

» Ce résultat prouve que la chaleur absorbée par un mélange qui s'échauffe n'est pas égale à la somme des chaleurs prises par ses éléments; car si cela était vrai, la chaleur spécifique résultante serait toujours plus petite que celle de l'eau, elle serait donnée par la formule

$$\gamma_1 = \varepsilon(1 + 0,0011.t) + (1 - \varepsilon)(0,580 + 0,00340.t);$$

pour chaque température elle augmenterait suivant une ligne droite, depuis la chaleur spécifique de l'alcool jusqu'à celle de l'eau. Ce n'est pas ainsi que les choses se passent : la valeur γ donnée par l'expérience est toujours plus grande que γ_1; l'excès $\gamma - \gamma_1$ croît avec ε, atteint un maximum pour $\varepsilon = 0,80$ environ; il décroît ensuite jusqu'à zéro quand $\varepsilon = 1$. Voici les valeurs de ces excès pour la température de zéro :

ε.......	0,000	0,16	0,33	0,50	0,66	0,75	0,85	0,916	1,00
γ.......	0,580	0,720	0,840	0,940	1,030	1,055	1,065	1,030	1,00
$\gamma - \gamma_1$..	0,000	0,073	0,122	0,150	0,173	0,152	0,137	0,066	0,00

» Cette divergence entre les chaleurs spécifiques réelle et moyenne mérite d'autant plus de fixer l'attention, que, dans la mesure des chaleurs de combinaison et de dissolution, les expérimentateurs ont supposé nulle la différence $\gamma - \gamma_1$, et qu'ils ont dû commettre des erreurs graves. Ces mesures devront être recommencées. Pour le moment, il faut chercher à expliquer, et, s'il est possible, à calculer ces variations de la chaleur spécifique. Or on sait que cet élément augmente quand les corps s'échauffent, c'est-à-dire quand ils se dilatent; il est donc naturel de penser qu'elle augmente aussi pour l'alcool et l'eau quand on les mélange, puisqu'ils prennent un volume plus grand et une densité moindre.

» Pour continuer cette idée, supposons que la chaleur spécifique d'un corps croisse proportionnellement à sa diminution de densité, ce qui ne peut être ni tout à fait rigoureux ni très-éloigné de la vérité. Soient ε et α les proportions d'eau et d'alcool, d et d' leurs densités normales à la température considérée et D celle du mélange : le volume total V sera égal à $\frac{1}{D}$; ce sera aussi celui des poids ε et α des deux liquides, et leurs densités seront devenues εD, αD; elles auront diminué de

$$d - \varepsilon D, \quad d' - \alpha D.$$

» Ces diminutions devant être proportionnelles aux accroissements des chaleurs spécifiques $C - c$ et $C' - c'$, on aura

$$C - c = K(d - \varepsilon D), \quad C' - c' = K'(d' - \alpha D),$$

et la chaleur spécifique du mélange sera

$$(2) \qquad \gamma = c\varepsilon + c'\alpha + K\varepsilon(d - \varepsilon D) + K'(d' - \alpha D).$$

» Telle est la formule qui doit représenter les expériences; c et c' sont les chaleurs spécifiques de l'eau et de l'alcool, d, d', D leurs densités et celle du mélange qui sont connues par les Tables de Gay-Lussac et de Gilpin. Quant à K et K', on peut leur attribuer divers groupes de valeurs. En les supposant égaux entre eux et à 4,1, on satisfait aux conditions du problème. Les nombres calculés du tableau n° 1 sont donnés par cette formule. Elle est générale; elle s'applique à tous les mélanges, quelle que soit leur proportion, et à toutes les températures; elle résume la loi des chaleurs spécifiques de ces mélanges; et, inversement, elle prouve que la chaleur spécifique de chaque élément augmente proportionnellement à la diminution de sa densité. Voici son expression définitive :

$$\gamma = \varepsilon[1 + 0{,}0011 . t + 4{,}1(d - \varepsilon D)] + \alpha[0{,}580 + 0{,}00340 . t + 4{,}1(d' - \alpha D)].$$

» Dans les mélanges d'eau et d'alcool, il y a toujours une contraction, ce qui fait que la densité D est plus grande que la densité moyenne; mais cette contraction est petite; on peut la négliger dans une première approximation, et alors l'expression se simplifie. Le volume V est égal à la somme des volumes $\frac{\varepsilon}{d'}$, $\frac{\alpha}{d}$ des éléments; la densité D est

$$D = \frac{1}{V} = \frac{dd'}{\varepsilon d' + \alpha d};$$

$$\gamma - \gamma_1 = \frac{\alpha\varepsilon}{\varepsilon d' + \alpha d}(kd^2 + k'd'^2 = P\frac{\alpha\varepsilon}{\varepsilon d' + \alpha d}.$$

» Sous cette forme approchée, la formule peut être aisément discutée. On voit que $\gamma - \gamma_1$ est nul pour $\alpha = 0$ et $\alpha = \varepsilon$, et qu'elle atteint un maximum quand

$$\frac{\varepsilon^2}{\alpha^2} = \frac{d}{d'},$$

ce qui se vérifie; et si l'on donne à P une valeur égale à 0,66, on peut calculer $\gamma - \gamma_1$, et par suite γ. Les résultats sont sensiblement égaux à ceux de l'expérience, comme on le verra par le tableau suivant, dont les nombres correspondent à tous nos mélanges à trois températures différentes :

Tableau n° 3.

	$t = -1,11$. γ.		$t = 15,55$. γ.		$t = 37,77$. γ.	
ε	observ.	calcul.	observ.	calcul.	observ.	calcul.
0,0.....	0,577	0,577	0,630	0,630	0,710	0,710
0,16...	0,717	0,721	0,760	0,751	0,835	0,852
0,33...	0,837	0,860	0,820	0,820	0,950	0,982
0,50 ..	0,936	0,949	0,990	1,001	1,050	1,063
0,66...	1,027	1,038	1,075	1,074	1,130	1,137
0,75...	1,053	1,026	1,080	1,067	1,140	1,135
0,83...	1,063	1,037	1,060	1,059	1,120	1,101
0,91...	1,058	1,013	1,080	1,069	1,120	1,085
1,00...	0,999	0,999	1,020	1,020	1,050	1,050

» Depuis que nous avons annoncé nos premières expériences, M. Regnault a réclamé la priorité de la méthode pour M. Pfaundler. Nous ne croyons pas cette réclamation fondée : cette méthode appartient au physicien éminent qui a découvert les lois de la chaleur dégagée par les courants, à M. Joule. Non-seulement il l'a indiquée, mais il l'a pratiquée pour trouver la chaleur spécifique du plomb, qu'il a fixée à 0,303; il a même employé le

procédé différentiel que M. Pfaundler a cru avoir découvert (1). Je suis heureux d'ajouter qu'en 1859, M. Bosscha a employé le courant électrique pour mesurer l'équivalent mécanique de la chaleur, et imaginé la méthode de compensation des pertes par rayonnement, méthode que j'avais postérieurement indiquée moi-même (2) et que j'ai abandonnée depuis. »

PHYSIQUE. — *Remarques de* **M. Bussy** *à l'occasion de la Communication de* M. Jamin.

« Dans la Communication qui vient d'être faite à l'Académie, il y a deux choses : l'exposition d'un procédé nouveau applicable à la détermination des chaleurs spécifiques, sur lequel je n'ai aucune observation à présenter, et l'application de ce procédé aux mélanges d'alcool et d'eau qui a conduit les auteurs à constater ce fait remarquable et inattendu, que, contrairement à ce qu'on aurait pu prévoir, le mélange d'alcool et d'eau possède une chaleur spécifique plus considérable que la chaleur spécifique moyenne de ses éléments.

» Je dois faire observer, à cette occasion, qu'il y a déjà longtemps que M. Buignet et moi avons été conduits à une conclusion semblable. Nous avons constaté qu'un mélange de 1 équivalent d'alcool, soit 46 grammes, et de 6 équivalents d'eau, soit 54 grammes (proportions qui correspondent à la fois au maximum de contraction et de chaleur développée), possède cependant une capacité calorifique de beaucoup supérieure à la capacité théorique moyenne des deux éléments qui le composent (3).

» Le travail de MM. Jamin et Amaury vient donc confirmer le résultat de nos propres expériences.

» Quant aux différences, s'il en existe, entre les nombres que nous avons trouvés et ceux que M. Jamin fera sans doute connaître ultérieurement, mais qu'il n'a pas donnés dans sa Communication verbale à l'Académie, elles ne sauraient être de nature à changer le sens du phénomène, puisque nous avons été conduits les uns et les autres à la même conclusion. »

---

(1) *Memoirs of Literary and Philosophical Society of Manchester*, 1846, t. VII, p. 559.

(2) *Annales de Poggendorff*, t. LVII, p. 162.

(3) *Comptes rendus*, t. XLIX, p. 673, premier Mémoire, comprenant les changements de volume et de température auxquels donne lieu le mélange de divers liquides, eau, alcool, acide cyanhydrique, chloroforme, sulfure de carbone, etc.; et *Comptes rendus*, t. LXIV, p. 330, deuxième Mémoire, consacré principalement à la détermination des chaleurs spécifiques des mélanges précédents et de celles des liquides qui les composent.

Réponse de **M. Jamin.**

« Il est vrai que MM. Bussy et Buignet ont mesuré par une seule expérience la chaleur spécifique moyenne d'un mélange formé par 46 parties d'alcool et 54 parties d'eau, et qu'ils l'ont donnée égale à 0,905 au lieu de 0, 806, qui serait donnée par la moyenne des chaleurs spécifiques des deux liquides élémentaires. MM. Jamin et Amaury croient avoir fait davantage : ils ont mesuré la chaleur spécifique du mélange pour toutes les proportions d'eau et d'alcool; ils ont montré qu'elle peut devenir supérieure à la chaleur spécifique de l'eau, supérieure à toute chaleur spécifique connue; ils ont donné une formule générale pour la calculer à toute température, et ils ont expliqué sa variation par une théorie qu'ils ont vérifiée. Ils croient, en conséquence, avoir beaucoup ajouté à l'expérience unique de MM. Bussy et Buignet. Ils se proposent de revenir sur ce sujet prochainement, et se croient en mesure de donner une explication rationnelle des faits si intéressants que la science doit à MM. Bussy et Buignet, et de les calculer numériquement; ils n'ont jamais eu la pensée d'en méconnaître l'originalité et l'importance, ils s'empressent de le déclarer. »

ANALYSE. — *Démonstration de la méthode de Jacobi pour la formation de la période d'une racine primitive; par* **M. V.-A. Le Besgue.**

« I. Voici en quoi consiste cette méthode. On sait que, si l'on prend dans la suite des nombres 1, 2, 3,..., $p-1$, le nombre p étant premier, un nombre quelconque a, on aura toujours 1 pour le reste de la puissance a^{p-1} divisée par p; mais ce reste 1 peut se présenter pour plusieurs puissances de a. La première étant n, il est prouvé que n est diviseur de $p-1$. Les restes de $a, a^2, \ldots, a^n$, divisés par p, sont différents; ils forment la période de a, parce qu'ils se reproduisent périodiquement; $a, a^{n+1}, a^{2n+1},\ldots$ donnent le même reste; de même $a^i, a^{n+i},\ldots$; enfin $a^n,\ldots, a^{in},\ldots, a^{p-1}$ donnent le reste 1. On dit que a appartient à l'exposant n; on dit aussi que a est une racine primitive de la congruence $x^n \equiv 1 \bmod. p$, parce que tous les termes de la période de a donnant $(a^i)^n \equiv 1$ sont les n racines de la congruence $x^n \equiv 1$; la racine a donne toutes les autres. On peut demander s'il y a des nombres appartenant à l'exposant $p-1$, ou si la congruence $x^{p-1} \equiv 1$ a des racines primitives g donnant toutes les autres. Comme 1, 2, 3,..., $p-1$ satisfont à la congruence, il faut donc que les restes des puissances $g, g^2, g^3,\ldots, g^{p-1}$ soient, à l'ordre près, 1, 2, 3,..., $p-1$.

» La réponse est affirmative, et la méthode de Jacobi apprend à former une période de $p-1$ termes, en prenant pour point de départ une période de n termes.

» Voici un exemple de l'utilité de ces périodes. Soit $p=13$; les puissances

$$2,\ 2^2,\ 2^3,\ 2^4,\ 2^5,\ 2^6,\ 2^7,\ 2^8,\ 2^9,\ 2^{10},\ 2^{11},\ 2^{12},$$

divisées par 13, donnent les restes

$$2,\ 4,\ 8,\ 3,\ 6,\ 12,\ 11,\ 9,\ 5,\ 10,\ 7,\ 1.$$

» Si l'on voulait rendre x^3-5 divisible par 13, on dirait : 5 ne diffère de 2^9 que d'un multiple de 13, x ne diffère d'une puissance inconnue de 2, puissance qui peut être indiquée par $2^{\operatorname{ind} x}$ (indice de x), que d'un multiple de 13; on peut donc dire que x et x^3 ne diffèrent de $2^{\operatorname{ind} x}$ et $2^{3\operatorname{ind} x}$ que d'un multiple de 13. On aura donc

$$2^{3\operatorname{ind} x}-2^9=2^9(2^{3\operatorname{ind} x-9}-1)$$

divisible par 13, ce qui exige que l'on ait

$$3\operatorname{ind} x-9=12y \quad \text{ou} \quad \operatorname{ind} x=3+4y.$$

Faisant $y=0,\ 1,\ 2$, on trouve

$$\operatorname{ind} x=3,\ 7,\ 11;$$

à ces indices répondent

$$x=8,\ 11,\ 7.$$

On a en effet

$$8^3-5=39.13.$$

» On voit bien que, pour un grand module, pour $p=1499$ par exemple, pour avoir l'indice de a, il aurait fallu chercher a parmi les 1498 nombres $1,\ 2,\ 3,\ldots,\ 1498$ rangés fort irrégulièrement. C'est pourquoi il est utile de tirer de la période de la racine primitive g une table qui donne les *indices* qui correspondent aux nombres successifs $1,\ 2,\ 3,\ldots,\ p-1$.

» Voici ce que Jacobi dit de ces tables :

« Tabulæ reciprocæ pro dato exponente potestatis radicis primitivæ residuum potestati congruum et vice versâ exponentem potestatis dato numero congruæ seu indicem dati numeri exhibentes, nuper ab ill. Ostrogradsky pro numeris primis minoribus quam 200 exstructæ sunt. Quos mihi proposui propter immensam earum per totam arithmeticam utilitatem pro singulis numeris primis infra 1000 condere. »

» Cette citation est empruntée à la page 7 de l'ouvrage suivant, imprimé à Berlin en 1839 :

« Canon arithmeticus sive tabula quibus exibentur pro singulis numeris » primis vel primorum potestatibus infra 1000 numeri ad datos indices, » et indices ad datos numeros pertinentes. Impensis Academiæ litterarum » regiæ Borussicæ. Edidit C.-G.-J. Jacobi. »

» II. Pour démontrer la méthode de Jacobi, ainsi qu'une autre que j'en ai tirée, j'emploierai les propositions suivantes :

» 1° *Théorème de Fermat.* — La congruence $x^{p-1} \equiv 1$ mod. p, a $p-1$ racines, savoir : $1, 2, 3, \ldots, p-1$.

» 2° Si n est diviseur de $p-1$, la congruence $x^n \equiv 1$ a n racines. Si le nombre a conduit à une période de n termes, cette période contient toutes les racines de la congruence $x^n \equiv 1$.

» 3° Les termes de la période de a ont une période de n termes ou de $\frac{n}{d}$ termes, selon que, pour le terme a^i, i est premier à n, ou a avec n le plus grand commun diviseur d.

» 4° Si le nombre b n'est pas compris dans la période de a, nombre appartenant à l'exposant $n = \frac{p-1}{n'}$, le reste de $b^{n'}$ est compris dans la période de a. Et si b^f est la puissance de moindre exposant dont le reste soit compris dans la période de a (ce qui sera indiqué ainsi : $b^f \equiv a^i$, f minimum), f sera diviseur de n', et $b^f, b^{2f}, b^{3f}, \ldots, b^{f'f} = b^{n'}$ seront les seules puissances ayant leurs restes compris dans la période de a.

» Si l'on a $b^f \equiv a^\alpha$, $b^m \equiv a^\beta$, en posant $m = qf + r$, $r \lessgtr f$, il en résulte

$$a^\beta \equiv b^{qf}.b^r = a^{\alpha q}.b^r, \quad \text{d'où} \quad b^r \equiv a^{\beta - \alpha q}.$$

Pour rendre l'exposant de a positif, il suffit d'augmenter β d'un multiple de n, ce qui est permis, puisque l'on a

$$a^n \equiv 1, \quad a^{kn} \equiv 1.$$

On voit donc que l'on aurait b^r dans la période de a, ce qui est impossible, r étant $< f$, supposé minimum. Il faut avoir m multiple de f.

» Dans ce qui suit, on aura à considérer souvent la congruence $a^\alpha \equiv a^\beta.b^k$. On en tirera

$$b^k \equiv a^{\alpha-\beta},$$

l'exposant pouvant être positif, négatif ou nul.

» 5° La congruence $x^m \equiv a$ mod. p, quand m est diviseur de $p-1$ et

$a^{\frac{p-1}{m}} \equiv 1$, est possible et a m racines. Si a appartient à l'exposant $n = \frac{p-1}{n'}$, comme $\frac{p-1}{m}$ doit être multiple de n, soit kn, on aura

$$p - 1 = nn' = kmn, \quad \text{d'où} \quad m = \frac{n'}{k}.$$

La congruence est donc

$$x^{\frac{n'}{k}} \equiv a.$$

» 6° La congruence $x^m \equiv a$, quand elle est possible, peut avoir une racine comprise dans la période de a, $x \equiv a^\alpha$ donnant $a^{m\alpha} \equiv a$, ou $a^{m\alpha - 1} \equiv 1$, il faut avoir

$$m\alpha - 1 = n\beta,$$

ce qui a lieu seulement quand m et n sont premiers entre eux; en remplaçant α par $\alpha + nt$, $a^{\alpha+nt}$ ne représenterait qu'une même racine $\equiv a^\alpha$.

» *Remarque.* — L'existence des racines primitives ou appartenant à l'exposant $p - 1$ se prouve facilement au moyen de (II, 3°) et d'une propriété de la fonction $\varphi(m)$, qui indique combien il y a de nombres inférieurs et premiers à m. Les propositions suivantes le prouveront également; mais c'est seulement pour la démonstration de la méthode de Jacobi et d'une autre que j'en ai tirée (*) qu'elles sont données ici.

» III. *Théorème.* — Toute racine r de la congruence $x^m \equiv a$, où m est égal à n', ou à un diviseur de n', le nombre a appartenant à l'exposant $n = \frac{p-1}{n'}$, aura une période de mn termes, si aucun des restes des puissances $r, r^2, r^3, \ldots, r^{m-1}$ ne se trouve dans la période de a.

» *Démonstration.* — On n'a pas, en supposant $i < k < m$, $r^k \equiv r^i$, car il en résulterait

$$r^{k-i} \equiv 1 \equiv a^n.$$

Les restes des produits $r^k a, r^k a^2, \ldots, r^k a^n$ sont différents les uns des autres; il en est de même des restes des produits $r^i a, r^i a^2, \ldots, r^i a^n$. D'ailleurs, on ne saurait avoir $r^k a^\alpha \equiv r^i a^\beta$, d'où l'on tirerait $r^{k-i} \equiv a^{\beta-\alpha}$, ce qui est contraire à l'hypothèse. On voit donc que les restes de la suite

$$r, r^2, \ldots, r^{m-1}, r^m \equiv a, ar, ar^2, \ldots, ar^{m-1}, a^2, \ldots,$$
$$a^{n-1}, a^{n-1} r, \ldots, a^{n-1} r^{m-1} (a^{n-1} r^m \equiv a^n \equiv 1)$$

(*) *Note sur la classification des racines des congruences binômes.* (*Comptes rendus* du 24 décembre 1866.) Cette nouvelle Note en est le complément.

sont différents et en nombre nm. La racine r a donc une période de nm termes.

» Pour $m = n'$, la période aurait nn' termes, ou $p - 1$ termes.

» IV. *Théorème.* — Le nombre a apppartenant à l'exposant n, et b, non compris dans la période de a, donnant $b^f \equiv a^i$, f minimum, la congruence $x^f \equiv a$ sera résolue par $x \equiv a^t b^u$, $t < n$, $u < f$, t et u étant déterminés par l'équation

$$(a) \qquad ft + iu - 1 = nv.$$

» Pour u premier à f, les racines appartiendront à l'exposant nf. Pour u non premier à f, elles n'appartiendront pas à l'exposant nf.

» *Démonstration.* — Pour la possibilité de l'équation (a), il faut que n, f et i ne soient pas tous trois divisibles par un même nombre d; or $b^f \equiv a^i \equiv a^{i+nt}$ donnant $b^{\frac{f}{d}} \equiv a^{\frac{i}{d}+\frac{n}{d}t}$, on en conclurait que f n'est pas l'exposant minimum qui donne b^f congru à un terme de la période de a.

» La résolution conduit à f couples t, u. Cela se voit de suite; pour f premier à n, on peut faire $u = 0, 1, 2, \ldots, f-1$; à chaque valeur de u répond une valeur de $t < n$. Si f et u ont un plus grand commun diviseur d, on a

$$\frac{f}{d}t + \frac{iu-1}{d} = \frac{n}{d}v,$$

u prendra $\frac{f}{d}$ valeurs $< f$, et à chacune d'elles il répondra d valeurs de $t < n$.

» Il est impossible d'avoir $a^t b^u \equiv a^{t'} b^{u'}$; il en résulterait $b^{u-u'} \equiv a^{t'-t}$, $u - u'$ étant inférieur à f.

» Si u avait un facteur commun avec f, par exemple pour $u = \frac{f}{d}k$, on aurait

$$\left(a^t b^{\frac{f}{d}k}\right)^d \equiv a^{td+fk},$$

de sorte que la racine n'aurait pas une période de fn termes.

» Mais si u est premier à f, il est impossible d'avoir, pour $d < f$,

$$(a^t b^u)^d \equiv a^\alpha;$$

il en résulterait

$$b^{ud} \equiv a^{\alpha - td},$$

ud devrait être multiple de f, ce qui est impossible, car u est premier à f et $d < f$.

» Ainsi ces racines appartiennent à l'exposant fn.

» *Remarque.* — Voici une autre solution particulière de l'équation $ft + iu - 1 = nv$; elle est indiquée, comme on le verra, par la méthode de Jacobi.

» Posez $m = i + n\theta$, $\theta < f$ étant pris de manière à rendre m premier à f; puis faites $m\beta = f\gamma + 1$ et $\alpha = kn - \gamma < n$. On en conclura

$$f\alpha + i\beta - 1 = n(kf - \beta\theta).$$

» La méthode de Jacobi suppose l'existence de racines primitives ou de nombres appartenant à l'exposant $p - 1$. Cette existence pourrait être démontrée au moyen du théorème suivant, dont la démonstration sera indiquée sommairement.

» V. *Théorème.* — Soit la congruence $x^m \equiv a$, le nombre a appartenant à l'exposant $n = \frac{p-1}{n'}$, m étant égal à n' ou à un diviseur de n'.

» 1° Si tous les diviseurs premiers de m divisent n, les m racines auront une période de mn termes.

» 2° Mais si m a des diviseurs premiers $q, r, \ldots$ qui ne divisent pas n, il y aura seulement $m\frac{q-1}{q}\frac{r-1}{r}\cdots$ racines ayant une période de mn termes.

» *Démonstration.* — L'exactitude du théorème se reconnaît de suite pour q premier, puis pour $q^2, \ldots, q^\alpha$; $x^{q^2} \equiv a$ revient à $(x^q)^q \equiv a$; on considère $y^q \equiv a$, puis $x^q \equiv y$, et ainsi de suite.

» Quand on a $m = n'$, l'existence des racines appartenant à l'exposant $p - 1$ est prouvée.

» *Remarque.* — Quand on admet que l'on peut poser $x^{n'} \equiv a \equiv g^{n'}$, g étant une racine appartenant à l'exposant $p - 1$, on en déduit

$$x^{n'} \equiv g^{n'} \equiv g^{n' + nn't}, \quad x \equiv g^{1+nt}.$$

Le nombre $1 + nt$ est premier à n, si pour une valeur de t (qui peut prendre les valeurs $0, 1, 2, \ldots, n' - 1$) on rend $1 + nt$ premier à n', ce qui arrive pour n' ou $n'\frac{q-1}{q}\frac{r-1}{r}\cdots$ valeurs de t, en supposant $q, r, \ldots$ diviseurs de n' mais non de n, on a des racines primitives précisément en même nombre que celui donné par le théorème précédent.

» VI. Une racine primitive g, satisfaisant à la congruence $x^{n'} \equiv a$, sa période pourra être présentée comme il suit :

$$
\begin{array}{llll}
1 \equiv 1, & g, & g^2, \ldots, & g^{n'-1}, \\
a \equiv g^{n'}, & ag, & ag^2, \ldots, & ag^{n'-1}, \\
a^2 \equiv g^{2n'}, & a^2 g, & a^2 g^2, \ldots, & a^2 g^{n'-1}, \\
\ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\
a^{n-1} \equiv g^{(n-1)n'}, & a^{n-1} g, & a^{n-1} g^2, \ldots, & a^{n-1} g^{n'-1}, \\
a^n \equiv g^{nn'}. & & &
\end{array}
$$

» Il résulte de là, puisque a est donné, que, si l'on savait trouver l'indice d'un nombre b non compris dans la période de a, on pourrait placer ce nombre dans une des colonnes, et des multiplications successives par a donneraient les n nombres contenus dans cette colonne. L'indice de b fera connaître celui de b^2, et l'on aura encore n termes; de même pour $b^3, \ldots$, jusqu'à ce que l'on trouve b^f compris dans la période de a. Il est donc avantageux d'avoir $b^{n'} \equiv a^i$ (n' minimum) (*).

» VII. Voici comment Jacobi détermine l'indice de b, nombre non compris dans la période de a : il calcule $b^f \equiv a^i$, f minimum, $n' = ff'$. Comme on a $a \equiv g^{n'} \equiv g^{ff'}$, il en résulte $b^f \equiv g^{ff'i} \equiv g^{ff'i+nff't}$, d'où $b = g^{f'(i+nt)}$; mais il faut que $i + nt$ soit premier à f, sans quoi l'on n'aurait pas $b^f \equiv a^i$, f minimum, mais bien $b^{\frac{f}{d}} \equiv a^{iu}$, si l'on avait $i + nt = du$, et d diviseur de f. Jacobi prend donc, en posant $t = 0, 1, 2, \ldots, f-1$, les valeurs $t = \theta$, qui donnent $i + nt = m$ premier à f, et il montre (avec trop peu de développement peut-être) que le choix de la valeur de m est arbitraire. Jacobi opère comme il a été dit plus haut le placement de b, b^2, $b^3, \ldots$, b^{f-1} et des nombres qui s'en déduisent.

» Jacobi aurait pu donner immédiatement la valeur de $g^{f'}$, qui résulte de ce qui précède. En posant $g^{f'} = h$, on a $a \equiv h^f$, $b \equiv h^m$. Comme m et f sont premiers entre eux, on peut faire $m\beta = f\gamma + 1$. De là résulte

$$b^\beta \equiv h^{f\gamma} h \equiv a^\gamma h \quad \text{ou} \quad h \equiv a^{kn-\gamma} b^\beta \equiv a^\alpha b^\beta, \quad \beta < f, \alpha = kn - \gamma < n.$$

» Puisque $h \equiv g^{f'}$, on voit que h appartient à l'exposant nf. C'est ce qui a été prouvé directement plus haut.

» VIII. *Application.* — Soit pris, par exemple, $p = 31$; la période de $a = 2$ est 2, 4, 8, 16, $32 \equiv 1$. Ainsi $n = 5$, $n' = 6$. Pour l'auxiliaire $b = 3$, on

---

(*) C'est ce qui arrive le plus souvent, parce qu'il est prouvé que $b^f \equiv a^i$ (f minimum) répond à $n\varphi(f)$ nombres. Quand n' est premier $n\varphi(n') = n(n'-1) = p - 1 - n$, toutes les valeurs de b donnent $b^{n'} \equiv a^i$ (n' minimum).

trouve

$$3^2 = 9, \quad 3^3 = 27, \quad 3^4 \equiv 19, \quad 3^5 \equiv 26, \quad 3^6 \equiv 16 = 2^4.$$

Ainsi $i = 4$. Pour résoudre $x^6 \equiv 2$ en posant $x = 2^t 3^u$, il faut résoudre $6t + 4u - 1 = 5v$. En prenant $u = 1$, $u = 5$, premiers à 6, on aura les racines primitives : $u = 1$ donne $t = 2$, $2^2 . 3 = 12$; c'est une racine primitive. $u = 5$ donne $t = 1$; $2 . 3^5 \equiv 2 . 26 \equiv 21$ est la seconde racine. ($2 = 6 . \frac{1}{2} . \frac{2}{3}$ est le nombre de ces racines.) Voici comment Jacobi trouve 12 et 21 :

» L'indice de 3 sera un des nombres premiers à 6 compris dans $4 + 5t$ en y faisant $t = 0, 1, 2, 3, 4, 5$; on a ainsi 4, 9, 14, 19, 24, 29. Les nombres 19 et 29 sont les seuls indices que puisse avoir 3, en multipliant par 2, 3, 4, 5 l'indice 19 et omettant les multiples de 30, on aura les indices de 9, 27, 19, 26 : ce seront 8, 27, 16, 5. Voici le placement :

	0.	1.	2.	3.	4.	5.
0	1	12	20	23	28	26
6	2	24	9	15	25	21
12	4	17	18	30	19	11
18	8	3	5	29	7	22
24	16	6	10	27	14	13

3, 9, 27, 19, 26 étant placés, on obtient les autres termes de la période par des duplications.

Quand on prend $29 = 30 - 1$ pour l'indice de 3, 28, 27, 26, 25 sont les indices de 9, 27, 19, 26. On voit ci-contre ce second placement.

	0.	1.	2.	3.	4.	5.
0	1	21	7	23	18	6
6	2	11	14	15	5	12
12	4	22	28	30	10	24
18	8	13	25	29	20	17
24	16	26	19	27	9	3

On retrouve donc les racines 12 et 21.

En plaçant 5; comme on a $5^3 \equiv 1 = 2^5$, on ne pourrait former que deux colonnes.

En plaçant 15, qui donne $15^2 \equiv 8 \equiv 2^3$, on ne pourrait former qu'une seule colonne.

» Les applications faites aux 238 nombres premiers < 1500 ont donné, relativement à la période de 2, les résultats qui suivent :

» On a trouvé

$n' =$ 1, 2, 3, 5, 7, 11, 17, 31 (n' premier)

pour

92, 70, 19, 4, 1, 2, 1, 1 modules, en tout. 190

$n' =$ 4, 8, 16, 9 (n' puissance d'un nombre premier)

pour

13, 8, 3, 1 modules, en tout 25

$n' =$ 6, 10, 14, 22, 38, 18, 24 ($n' = 2^\alpha q^\beta$, q premier)

pour

11, 5, 3, 1, 1, 1, 1 modules, en tout. 23

238

» Ainsi 92 modules ont 2 pour racine primitive. $n' = 2$ a lieu pour 47 modules de la forme $8q + 7$; la racine primitive est $g \equiv p - 2^{\frac{p+1}{4}}$. $n' = 2$ a encore lieu pour 23 modules de la forme $8q + 1$; les deux racines primitives sont $\equiv \pm b.2^{\frac{p-i}{2}}$; on a $b^2 = 2^i$; i est nécessairement impair.

» L'énumération précédente montre que la recherche d'une racine primitive satisfaisant à la congruence $x^{n'} \equiv 2$ et la formation de sa période se feront aussi promptement que le permet la grandeur du module.

» Les tables réciproques donnant les indices des nombres et les nombres qui correspondent aux indices ont été construites complétement de 1 à 200 par M. J.-Ch. Dupain, élève de l'École Normale, professeur au lycée d'Angoulême. De 200 à 1500, les tables ont été réduites de moitié, ce qui a peu d'inconvénients, en raison des propriétés des nombres complémentaires a et $p - a$. Soit $a = g^{\text{ind}\,a}$, $p - 1 \equiv g^{\frac{p-1}{2}}$ donnera $p - a \equiv g^{\text{ind}\,a \pm \frac{p-1}{2}}$, un indice pouvant être diminué de $p - 1$.

» Si ces tables étaient publiées, elles seraient précédées d'une Introduction où la présente Note, développée, contiendrait beaucoup plus d'applications. »

PHYSIQUE. — *Des phénomènes physiques qui accompagnent la rupture par la congélation de l'eau, des projectiles creux de divers calibres* (deuxième Note); *par* **MM. Ch. Martins** *et* **G. Chancel.**

« Le général Morin a bien voulu faire suivre notre Note du 30 mai dernier de quelques observations critiques. Nous demandons à l'Académie la permission de lui soumettre les réflexions qu'elles nous suggèrent. M. Morin rappelle que la résistance de la fonte exposée au froid n'est pas la même que celle de ce métal aux températures ordinaires; cela est en effet probable, et nous n'avons pas prétendu le contraire, car, dans nos conclusions, nous disons expressément : « Nos expériences fournissent le moyen » de calculer directement le nombre d'atmosphères nécessaire pour déter- » miner, *dans ces circonstances*, la rupture des projectiles. »

» A propos de nos expériences, M. Morin ajoute : « En même temps que » l'eau se dilate en se congelant, la fonte se contracte par le froid, de sorte » que ces deux effets s'ajoutent l'un à l'autre. » Dans le principe, nous nous étions préoccupés de la contraction de l'enveloppe par le froid; mais nous avons immédiatement reconnu qu'elle se réduisait à si peu de chose, qu'il n'y avait pas lieu d'en tenir compte. En effet, les projectiles séjour-

naient une heure et demie environ dans un mélange réfrigérant à — 20 degrés; mais nos expériences montrent que la température de l'eau contenue n'est point descendue au-dessous de — 4°,2. On peut donc admettre que la fonte était à la température moyenne de — 12 degrés, et que l'abaissement total, à partir de la température initiale de + 4 degrés, était de 16 degrés; nous avions donc

Volume intérieur de la bombe à + 4 degrés	2481^{cc},00
Volume intérieur de la bombe à — 12 degrés	2479,67
Différence	1,33

» Cette diminution de volume de 1^{cc},33 correspond à 10 atmosphères sur 590 ou à $\frac{1}{60}$, quantité insignifiante et négligeable, en présence d'autres éléments plus importants que nous ne pouvions apprécier numériquement.

» MM. Dumas et Élie de Beaumont ont parlé de changements dans la texture des corps solides, dus à des températures extrêmes ou à des froids prolongés; mais nous ne pensons pas que ces faits, d'ailleurs incontestables, puissent s'appliquer à nos expériences. Les bombes ne séjournaient qu'une heure et demie dans le mélange refrigérant à — 20 degrés, et la cassure de nos fragments, examinée après la rupture, n'a présenté aucune apparence différente de celle des bombes brisées à la température ordinaire.

» M. Morin pense qu'on ne saurait déduire du nombre d'atmosphères qui ont déterminé la rupture de nos bombes les charges de poudre nécessaires pour les faire éclater. C'est aussi notre opinion; car la pression subite, due au développement brusque des gaz de la poudre, agit autrement que la pression lente, continue, graduée, de la congélation de l'eau contenue dans le projectile. Le but de nos expériences était d'étudier les phénomènes physiques qui accompagnent la rupture d'une enveloppe résistante, par la congélation de l'eau, de connaître la proportion du liquide qui se convertissait en glace, la température de l'eau restée liquide, etc.; mais ces expériences donnant des résultats concordants, pour les pressions qui ont amené la rupture des projectiles, nous avons dû les mentionner, comme suffisamment exactes pour les conditions dans lesquelles nous avons opéré. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Note accompagnant la présentation de la troisième édition de l'Introduction à la Mécanique industrielle de* Poncelet, *par* **M. Combes.**

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie, de la part de Mme Poncelet, la troisième édition de l'*Introduction à la mécanique industrielle physique ou*

expérimentale, de Poncelet, publiée sous la direction de M. Kretz, ingénieur en chef des manufactures de l'État.

» Je demande à l'Académie la permission de lire la courte Préface de M. Kretz :

« Poncelet avait résolu de consacrer les dernières années de sa laborieuse carrière à la publication complète de ses œuvres : Les *Applications d'Analyse et de Géométrie* parurent en 1862 et 1864, le *Traité des Propriétés projectives des figures* en 1865 et 1866. L'auteur allait préparer l'impression de ses travaux sur la Mécanique, lorsque la mort est venue l'enlever au monde savant.

» Mme Poncelet, qui, à force de soins et de dévouement, était parvenue à prolonger la vie et les travaux de son illustre mari, n'a pas voulu laisser incomplète la réalisation de ses derniers projets. Elle m'a confié le soin de classer les écrits de Poncelet sur la Mécanique, et d'en diriger la publication.

» L'*Introduction à la Mécanique industrielle* a eu deux éditions : la première, qui parut en 1829, était destinée à compléter l'une des parties des leçons que Poncelet professait, à cette époque, aux ouvriers de la ville de Metz ; la deuxième, qui contient un grand nombre de considérations nouvelles, fut mise à l'impression en 1830 ; elle ne fut terminée que vers la fin de 1839, par suite d'une série de circonstances qui forcèrent plusieurs fois l'auteur à interrompre son travail.

» Poncelet se proposait d'introduire, dans la troisième édition de cet ouvrage, quelques modifications résultant des progrès récents de la théorie ou relatant de mouveaux faits d'expériences.

» Je ne pouvais songer à entrer dans la voie qu'aurait suivie l'auteur, et j'ai reproduit scrupuleusement le texte de la deuxième édition, en me bornant à y faire quelques changements de détail que Poncelet avait indiqnés dans des Notes manuscrites.

» Néanmoins, pour me conformer autant que possible aux intentions de l'auteur, j'ai cru devoir ajouter des Notes succinctes indiquant les principaux travaux faits, depuis la rédaction de la deuxième édition, sur quelques-unes des questions traitées dans ce livre.

» J'ai été secondé dans mon travail par M. H. Resal, l'élève et l'ami de Poncelet, ainsi que par M. Moutier, professeur, ancien élève de l'École Polytechnique. J'espère que, grâce à ce concours, je ne serai pas resté trop au-dessous de la tâche qui m'était confiée. »

» Je n'ai maintenant que peu de mots à ajouter.

» L'avant-propos écrit par Poncelet pour l'édition de 1839 et qui n'a rien perdu de son intérêt est reproduit dans la nouvelle édition.

» Les tableaux des quantités numériques à introduire dans les calculs pour les applications (densités, résistances, coefficients de dilatation, d'élasticité, etc.), ont été complétés, en puisant aux meilleures sources et en ayant soin de distinguer les additions du texte primitif.

» La méthode de quadrature de Poncelet qui est bien connue, mais qui n'avait encore été imprimée dans aucun de ses ouvrages, a été ajoutée à la suite de la méthode de Simpson.

» Dans des Notes concises et qui, par leur clarté, sont bien en harmonie avec le texte, M. Kretz a exposé les notions essentielles, aujourd'hui acquises à la science, sur la théorie mécanique de la chaleur. Il signale, dans une Remarque sur une Note écrite par Poncelet en 1830 et imprimée dans la 2e édition, un passage duquel il résulte que Poncelet, après avoir lu les *Réflexions sur la puissance motrice du feu de Sadi Carnot*, avait aperçu qu'il y avait quelque chose d'incomplet dans les idées de l'auteur de cet opuscule, devenu si justement célèbre, et entrevoyait dès lors comment on serait conduit au principe de l'équivalence de la chaleur et du travail mécanique, tel que nous le comprenons aujourd'hui.

» Je citerai encore les Notes relatives aux expériences de M. G.-A. Hirn sur les lois du frottement, l'influence des enduits lubrifiants et la valeur relative des huiles, aux récentes expériences de M. Cornu sur le rapport de la contraction transversale à l'extension longitudinale des solides isotropes, aux recherches de M. Kretz lui-même sur les lois singulières de la résistance, de l'extensibilité, de l'élasticité des courroies de transmission de mouvement et sur le glissement de ces courroies.

» Courtes et substantielles, ces Notes complètent, sans le surcharger, un texte qui a été respecté, comme il devait l'être : car l'*Introduction à la mécanique industrielle* est une des œuvres les plus achevées de Poncelet. Elle porte l'empreinte de ce génie sagace, laborieux, patient, difficile pour lui-même, qui voulait et savait creuser son sujet jusqu'au fond. Quoiqu'elle sorte du cercle des sciences abstraites, elle a gardé et conservera dans l'avenir toute son utilité et sa valeur scientifique ; elle restera un modèle des Traités de mécanique appliquée et ne contribuera pas moins que les travaux de géométrie pure qui l'ont précédée, à la gloire de notre confrère. »

« **M. Brongniart** présente, de la part de M. Schimper, Correspondant de l'Académie, la première partie du second volume du *Traité de Paléontologie végétale,* que ce savant vient de publier.

» Cette continuation de l'important ouvrage dont M. Schimper a publié le premier volume, il y a un an, contient la fin des végétaux cryptogames, c'est-à-dire les plantes de l'ordre des Lycopodiacées, dans lequel M. Schimper range, comme familles distinctes, les Lycopodiées, les Lépidodendrées, les Isoëtées et les Sigillariées, familles presque exclusivement limitées à la période houillère.

» Les Phanérogames gymnospermes, comprenant les deux classes des Cycadinées et des Conifères, occupent une place très-importante dans

cette partie de l'onvrage de M. Schimper, et l'on sait tout l'intérêt que les végétaux qu'elles renferment offrent au point de vue paléontologique, par suite de leur existence dans les terrains de toutes les époques géologiques.

» Enfin ce volume renferme, en outre, l'ensemble des plantes monocotylédones, Graminées, Palmiers, etc., qui jouent un rôle important dans la végétation de la période tertiaire.

» Les Dicotylédones angiospermes, si nombreuses également dans les diverses formations tertiaires, et qui rattachent la végétation de cette période à la végétation actuelle, restent seules à publier dans la seconde partie de ce volume.

» Vingt-cinq nouvelles planches sont ajoutées aux cinquante de l'atlas du premier volume. Elles représentent également, soit des échantillons dessinés d'après nature, sous la direction de M. Schimper, soit des figures reproduites d'après les meilleurs auteurs. Elles ajoutent beaucoup à l'intérêt de ce grand ouvrage. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant, pour la Section de Médecine et de Chirurgie, en remplacement de feu *M. Panizza*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 40,

M. Rokitanski obtient	37	suffrages.
M. Lebert	2	»
M. Donders	1	»

M. Rokitanski, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

MÉMOIRES LUS.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le mécanisme du vol des oiseaux*. Note de **M. E.-J. Marey**, présentée par M. H. Sainte-Claire Deville.

« J'ai déjà exposé, dans des Communications précédentes, le mécanisme du vol de l'insecte. J'ai l'honneur de montrer aujourd'hui devant l'Académie un appareil artificiel perfectionné qui, agitant des ailes membraneuses à la façon d'un insecte véritable, reproduit les phénomènes essen-

tiels du vol, à savoir : l'ascension contre la pesanteur et la translation de l'appareil.

» Enfin, on peut reconnaître, sur cet insecte artificiel, que c'est bien la résistance de l'air qui imprime aux ailes les mouvements en 8 de chiffre dont elles sont animées, car on retrouve également cette forme dans l'insecte artificiel, qui cependant ne reçoit de son moteur que des mouvements rectilignes d'élévation et d'abaissement de ses ailes.

» C'est donc à tort que ce mouvement de torsion a été considéré comme actif de la part de l'insecte et assimilé aux effets d'une hélice qui se visserait dans l'air.

» Le vol de l'oiseau, qui pendant ces derniers temps a été l'objet de mes études, s'effectue par un mécanisme différent.

» Tous les naturalistes ont compris que le mode d'imbrication des pennes de l'oiseau ne permet pas à son aile de frapper l'air d'une manière efficace par ses deux faces à la façon de l'insecte. La face supérieure de l'aile laisserait passer l'air par l'intervalle de ses pennes, et ne trouverait sur lui qu'un point d'appui insuffisant.

» Pour analyser les mouvements de l'aile de l'oiseau, je n'ai pu recourir à la méthode qui m'avait réussi pour l'insecte, attendu que l'oiseau ne peut voler qu'à la condition de se transporter dans l'air. Retenu par un lien, il tombe aussitôt que ce lien est tendu. On sait que l'insecte peut, au contraire, voler en tirant sur un fil qui le retient. C'est déjà une différence capitale entre le vol de ces deux sortes d'animaux.

» Il a donc fallu faire voler l'oiseau en expérience dans une vaste salle, où il pouvait, en ligne droite, parcourir un espace de 16 mètres environ; d'autrefois, l'oiseau, attelé à une sorte de manége, volait circulairement et d'une manière plus prolongée. Le diamètre du cercle décrit était de 6 à 7 mètres. Dans tous les cas, des appareils enregistreurs écrivaient les signaux des mouvements exécutés par l'oiseau ; ces signaux étaient transmis par l'électricité ou par des tubes à air.

» *Fréquence et rhythme des battements de l'aile de l'oiseau.* — L'oiseau, muni d'un long cable électrique à double fil, ouvrait ou fermait un circuit de pile à chaque battement de son aile. Une soupape sur laquelle agissait la résistance de l'air produisait ces ouvertures et clôtures alternatives du courant, qu'un appareil télégraphique enregistrait.

» D'autrefois, appliquant aux muscles pectoraux de l'oiseau le mode de transmission des mouvements par l'air que j'ai introduit en myographie,

j'obtenais le signal de l'action de ses muscles, ce qui fournissait un nouveau moyen de compter les coups d'ailes, quelle que fût leur fréquence.

» En combinant ces signaux avec ceux de l'enregistreur électrique, on peut reconnaître l'action du muscle élévateur de l'aile et celle de l'abaisseur. En outre, si l'on agit sur les deux muscles pectoraux à la fois, on peut s'assurer du synchronisme d'action des deux ailes. Toutefois, dans le vol en manége, l'aile qui se trouve en dehors du cercle décrit par l'oiseau m'a paru avoir des mouvements un peu moins étendus que l'autre.

» La fréquence des battements varie beaucoup avec les conditions dans lesquelles le vol s'accomplit.

» Au départ, l'oiseau a des coups d'aile plus rares mais d'une plus grande amplitude qu'au bout d'un instant. La fréquence diminue de nouveau quand l'oiseau a pris une grande vitesse. Enfin, lorsqu'un oiseau attelé en manége subit un mouvement d'entraînement rapide (20 à 30 mètres par seconde), il exécute des mouvements d'ailes très-lents (durant de 30 à 40 centièmes de seconde).

» Sauf ces différences que présente la fréquence des battements des ailes dans des circonstances exceptionnelles, on peut déterminer, à peu près, pour chaque espèce d'oiseau une fréquence moyenne qui serait, d'après mes expériences :

Pour le Moineau...............	13	par seconde.
» le Canard sauvage.........	9	»
» le Pigeon domestique.......	8	»
» le Busard................	$5\frac{3}{4}$	»
» la Chouette effraie.......	5	»
» la Buse................	3	»

» Si l'on mesure la durée relative des temps d'élévation et d'abaissement de l'aile dans le vol, on trouve que le temps d'abaissement est presque toujours plus long que celui d'élévation. Chez les oiseaux à faible surface d'ailes, ces deux temps sont presque égaux, la disproportion s'accentue à mesure qu'on observe des oiseaux à plus large surface.

» Ce fait est contraire à ce que l'on admettait théoriquement, et même aux observations faites par certains naturalistes. Il est vrai que ces observations ont été faites sur des espèces d'oiseaux que je n'ai pu étudier.

» *Du parcours de l'aile de l'oiseau.* — Qu'on imagine un oiseau volant en ligne droite parallèlement à une muraille; qu'on suppose que la pointe de son aile frotte sans cesse contre cette paroi et y laisse une trace, on aura la courbe du parcours de l'aile de l'oiseau dans l'espace. C'est cette forme du

mouvement que j'ai cherché à recueillir sur l'oiseau qui vole, et à inscrire sur un appareil enregistreur.

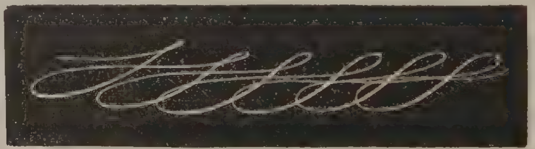
» Je ne puis, dans les limites qui me sont imposées, donner la description de l'appareil qui m'a servi, et que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. Je me borne à indiquer le principe sur lequel il est établi.

» Lorsqu'une tige se meut autour d'une de ses extrémités considérée comme point fixe, tous les mouvements que décrit l'autre extrémité peuvent être considérés comme des combinaisons variées de deux mouvements qui s'effectueraient, l'un dans le sens vertical, l'autre dans le sens horizontal.

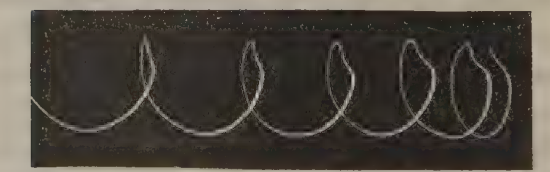
» Dans mon appareil, deux tiges semblables sont, à l'une de leurs extrémités, adaptées à un mouvement de Cardan qui leur permet de se mouvoir en divers sens. J'établis, au moyen d'une transmission par l'air, la solidarité des mouvements de ces deux tiges dans le sens vertical. Une autre transmission semblable est destinée aux mouvements dans le sens horizontal. Dans ces conditions, quel que soit le mouvement qu'on imprime à la tige n° 1, la tige n° 2 en exécute un semblable. Quand on s'est assuré que les deux tiges exécutent bien le même mouvement, on adapte l'une d'elles sur l'oiseau, de façon que les mouvements de l'aile dans le vol lui soient communiqués, et, pendant ce temps, on fait tracer l'autre tige sur le cylindre enfumé.

» La courbe obtenue indique le parcours de l'extrémité de l'aile dans l'espace, et réalise les conditions idéales signalées plus haut.

» Or, en comparant la trajectoire de la pointe de l'aile d'un insecte qui vole à celle de l'aile d'un oiseau, on trouve entre les deux courbes une différence frappante dont les figures ci-dessous donnent une idée exacte :



Trajectoire de l'aile d'un insecte volant de droite à gauche.



Trajectoire de l'aile d'une buse volant de droite à gauche.

» Dans une prochaine Note, j'exposerai les réactions des mouvements de l'aile sur le corps de l'oiseau. »

MÉDECINE. — *Sur l'emploi de la créosote dans le traitement de la fièvre typhoïde.* Mémoire de **M. Morache.** (Extrait.)

« *Conclusions.* — Notre travail nous paraît complémentaire de celui de M. Pécholier, auquel revient l'honneur d'avoir appelé l'attention sur un mode de traitement nouveau de la fièvre typhoïde. Nous croyons avoir précisé davantage l'action de la créosote dans ces cas, au point de vue clinique, et nous résumons nos observations, en disant :

» 1° La fièvre typhoïde paraît due à l'introduction dans l'organisme d'un virus, dont le mode d'action est sans doute l'évolution d'un ferment.

» 2° La créosote agit probablement sur cette fermentation, comme on le constate dans les expériences directes ordinaires, en modifiant, sinon en annulant, cette évolution morbide.

» 3° A défaut de preuves plus directes, cette action se traduit par :

a. Diminution de l'intensité de la fièvre;
b. Diminution de la durée de la période fébrile;
c. Diminution des symptômes locaux et généraux typhoïdes;
d. Action locale sur la muqueuse digestive.

» 4° La créosote paraît devoir être préférée à l'acide phénique, qui ne semble pas avoir donné des résultats très-satisfaisants, et n'est pas toujours facilement supporté.

» 5° Il paraît logique d'essayer le traitement créosoté dans d'autres maladies infectieuses, d'une évolution analogue à celle de la fièvre typhoïde, la variole par exemple.

» 6° Si l'action de la créosote peut être acceptée dans le traitement d'une maladie infectieuse, due à une fermentation organique, rien n'autorise cependant à lui attribuer une vertu préservatrice. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

GÉOMÉTRIE. — *Construction de l'axe de courbure de la surface développable enveloppe d'un plan dont le déplacement est assujetti à certaines conditions.* Note de **M. Am. Mannheim**, présentée par M. Chasles.

(Renvoi à la Section de Géométrie.)

« Dans une Communication que j'ai faite récemment à l'Académie, j'ai considéré des points sur une droite et j'ai montré la liaison qui existe entre

les courbures des trajectoires décrites par tous ces points lorsqu'on déplace la droite qui les contient.

» Je me propose aujourd'hui, en considérant des plans parallèles à une même droite et formant une figure de grandeur invariable, de montrer la liaison qui existe entre les courbures des surfaces développables que ces plans enveloppent pendant leur déplacement.

» Lorsqu'il s'est agi de la trajectoire d'un point, j'ai fait usage de la droite d'intersection de deux plans normaux menés par deux points infiniment voisins situés sur la trajectoire du point considéré.

» De même pour la développable enveloppe d'un plan, j'emploierai la droite d'intersection de deux plans normaux de cette développable menés respectivement par deux génératrices de cette surface et infiniment voisines. Je dirai que cette droite est un *axe de courbure* de la développable.

» Considérons d'abord deux plans $(P)_a$, $(P)_b$ comprenant entre eux un angle dièdre de grandeur invariable et qui, dans leur déplacement, restent chacun tangent à une surface développable donnée.

» Supposons qu'un plan $(P)_m$ parallèle à l'arête G du dièdre, et invariablement lié à cette figure, soit entraîné pendant le déplacement de celle-ci. Proposons-nous de construire la droite D_m, suivant laquelle ce plan touche son enveloppe, c'est-à-dire sa *caractéristique*.

» Par les caractéristiques des plans $(P)_a$, $(P)_b$ on mène, à un instant quelconque, des plans respectivement perpendiculaires à $(P)_a$ et $(P)_b$, ou, ce qui revient au même, des plans normaux aux développables données. Ces plans se coupent suivant une droite L_1, qui est l'*adjointe* au plan perpendiculaire à G. Il suffit de projeter L_1 sur $(P)_m$ pour avoir la caractéristique cherchée.

» Prenons maintenant quatre plans invariablement liés et parallèles à une même droite G, et supposons qu'on déplace ces plans de façon qu'ils touchent chacun une surface quelconque donnée.

» Proposons-nous de construire la caractéristique d'un plan parallèle à la même droite G et invariablement lié aux premiers.

» Pour cela, à un instant quelconque, on mène aux surfaces données des normales issues des points où elles sont respectivement touchées par les plans mobiles. On construit la droite L_1 qui rencontre à la fois ces quatre normales. La projection de cette droite sur le plan mobile est la caractéristique demandée (1).

---

(1) Tout ce que je viens de rappeler se trouve démontré dans mon *Étude sur le déplacement d'une figure de forme invariable.* (*Mémoires des Savants étrangers*, t. XX.)

» Arrivons aux problèmes relatifs à la courbure de toutes ces développables.

» Appelons D_a la caractéristique du plan $(P)_a$, et Γ l'axe de courbure correspondant de la développable enveloppe de ce plan. Le plan de ces deux droites, qui est le plan normal à cette développable suivant D_a, contient l'adjointe L_1. Désignons par r le point de rencontre de Γ et de L_1. Abaissons du point r la perpendiculaire H sur D_a, et menons du même point une droite K déterminée par la relation

$$\frac{1}{\tang(L_1, K)} = \frac{1}{\tang(L_1, \Gamma)} - \frac{1}{\tang(L_1, H)}.$$

Enfin, par cette droite, menons un plan (K) perpendiculaire au plan (D_a, L_1).

» En effectuant une construction analogue pour la développable enveloppe de l'un quelconque des plans mobiles, j'ai trouvé que :

» *Tous les plans tels que* (K) *se coupent suivant une même droite* L_2.

» Je désignerai cette droite sous le nom de *deuxième adjointe*.

» Lorsqu'on donne les axes de courbure des deux développables que doivent envelopper les faces d'un dièdre mobile, la droite L_2 est construite par l'intersection de deux plans tels que (K); on aura tout de suite, par une construction inverse de celle que je viens de donner, *l'axe de courbure de l'enveloppe d'un plan invariablement lié à l'angle dièdre mobile et parallèle à l'arête de cet angle.*

» Pour tous les plans qu'on peut ainsi entraîner pendant le déplacement du dièdre, on aura toujours des droites telles que K en projetant la deuxième adjointe sur des plans passant par la première : *les droites* K *appartiennent donc à un hyperboloïde.*

» En particulier, si les plans mobiles se déplacent en restant perpendiculaires à un plan fixe, cet hyperboloïde devient un cylindre de révolution dont les génératrices sont perpendiculaires au plan fixe. La trace de ce cylindre sur le plan fixe est une circonférence qu'on a été conduit à employer en étudiant le déplacement d'une figure plane sur son plan.

» Reprenons nos plans mobiles et supposons qu'au lieu de donner des développables on donne des surfaces directrices quelconques. Le plan $(P)_a$, par exemple, sera alors assujetti pendant son déplacement à toucher deux surfaces directrices. Soit (A) l'une de ces surfaces. La caractéristique D_a est, à un instant quelconque, la droite qui joint le point a où $(P)_a$ touche cette surface au point où ce plan touche l'autre directrice.

» Voici maintenant une remarque utile : si à partir d'une certaine position de $(P)_a$ on considère toutes les développables enveloppes de ce plan qu'on obtiendrait en prenant successivement pour surfaces directrices (A) et une deuxième surface directrice, choisie seulement de manière à donner la même caractéristique D_a, *les axes de courbure de toutes ces développables passent par un même point* α *et les droites telles que* K *passent par le même point* l (1).

» Ce point l s'obtient ainsi : on mène du point α, que je suppose construit, une parallèle à L_1; du point, où la normale à (A) issue du point a rencontre L_1, on abaisse une perpendiculaire sur cette parallèle : le pied de cette perpendiculaire est le point l.

» Nous pouvons maintenant, au moyen de la remarque précédente, résoudre le problème suivant :

» *Quatre plans parallèles à une même droite* G *formant une figure de grandeur invariable se déplacent en touchant respectivement quatre surfaces données; construire, à un instant quelconque, l'axe de courbure de la développable enveloppe d'un plan invariablement lié aux premiers et qui est aussi parallèle à* G.

» On construit d'abord l'adjointe L_1. Par cette droite, on mène des plans perpendiculaires aux plans donnés. Dans chacun de ces plans perpendiculaires on construit un point tel que l.

» De tous les points ainsi déterminés, on élève respectivement des perpendiculaires aux plans qui les contiennent.

» La droite L_2 qui rencontre à la fois ces quatre perpendiculaires est la deuxième adjointe au moyen de laquelle, comme je l'ai indiqué précédemment, on construit l'axe de courbure demandé.

» Les résultats contenus dans cette Note, ainsi que ceux que j'ai eu l'honneur de communiquer à l'Académie dans la séance du 6 juin dernier, ont été obtenus par une méthode générale et directe que je me propose de développer. »

---

(1) Le point α par lequel passent ces axes de courbure est évidemment le centre de courbure pour le point a de la courbe de contour apparent de (A) sur un plan mené par a perpendiculairement à D_a. Ce point α est facile à construire lorsqu'on connaît les rayons de courbure principaux de (A).

Cette propriété des axes de courbure de passer par un même point constitue un théorème analogue au théorème de Meusnier. Celui-ci peut, en effet, être énoncé ainsi : *Lorsque des courbes tracées sur une surface sont tangentes entre elles, les axes de leurs cercles osculateurs passent par un même point.*

CHIMIE MÉTALLURGIQUE. — *De la cause du rochage des carbures de fer et des étincelles produites par ces métaux. Nouvelles propriétés du fer.* Note de **M. H. Caron.**

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

« Les expériences que j'ai eu l'honneur de faire connaître à l'Académie, dans ma dernière Note (1), démontrent que l'acier et la fonte ne rochant jamais lorsqu'on les fond dans une atmosphère d'hydrogène ou d'oxyde de carbone, le rochage de ces métaux fondus et coulés ne saurait être attribué à une expulsion de gaz réducteurs absorbés pendant la fusion.

» J'ai démontré que s'il y avait rochage au moment de la solidification, il fallait l'attribuer à la réaction produite, à ce moment, par l'oxyde de fer sur le charbon du carbure. Mais il n'est pas nécessaire pour cela de supposer que l'oxygène et le charbon puissent se trouver dissous en même temps dans l'acier en fusion. Pour le reconnaître, il suffit d'examiner attentivement ce qui se passe dans le creuset depuis le moment où il est chargé jusqu'au rochage du métal coulé.

» L'acier (ou la fonte) mis en morceaux dans le creuset est chauffé très-longtemps avant de fondre; pendant cette période de la fusion, les morceaux se recouvrent d'une couche d'oxyde de fer, au-dessous de laquelle se trouve une légère épaisseur d'acier décarburé; la partie centrale reste dans l'état primitif. Lorsque la température arrive au degré de fusion du métal intérieur, les morceaux dont l'extérieur est beaucoup moins fusible se vident, et le creuset se remplit petit à petit d'acier fondu, au milieu duquel reste la carcasse des morceaux vidés. C'est cette carcasse, composée en grande partie d'oxyde de fer, qui réagit longtemps sur le carbure et donne naissance à de l'oxyde de carbone. Les parois du creuset sont aussi une cause permanente d'oxydation du charbon, je l'ai déjà démontré (2).

» Il est encore une autre cause de production du gaz qu'il est impossible de négliger. Aussitôt que le métal est complétement liquide, on se prépare à le couler; il faut alors ouvrir le creuset où l'air pénètre immédiatement; ensuite, le filet de métal fondu que l'on verse dans le moule s'oxyde au contact de l'atmosphère et entraîne dans sa chute, en même temps qu'une certaine quantité d'air, un mélange d'oxyde et de carbure de fer qui réa-

(1) *Comptes rendus*, t. LXX, p. 351; 1870.

(2) Les culots d'acier fondu que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie donnent une idée très-nette de ces deux espèces d'action.

gissent l'un sur l'autre, jusqu'au moment de la solidification et peut-être quelque temps après. De là, production certaine d'oxyde de carbone.

» Telles sont vraisemblablement les causes principales du rochage des carbures de fer fondus dans une atmosphère oxydante.

» Quant aux étincelles de l'acier ou du fer qui brûle, je me suis borné à démontrer, dans ma dernière Note, qu'elles ne pouvaient provenir d'un rochage causé par l'expulsion d'un gaz réducteur, sans proposer une explication nouvelle de ce phénomène. Les expériences que je vais rapporter maintenant viendront à l'appui des précédentes, et permettront, je l'espère, d'attribuer ces étincelles à une cause inconnue jusqu'ici.

» Le fer pur ou même le fer ordinaire du commerce ne roche jamais lorsqu'il est fondu dans un creuset de terre convenablement fermé ou dans un tube traversé par un courant d'hydrogène ou d'oxyde de carbone pur, c'est un fait bien connu; mais, il n'en est plus, ou plutôt il ne paraît plus en être ainsi, lorsqu'on fond ce même fer dans une coupe en chaux avec la flamme nue et directe du chalumeau oxyhydrique. Bien qu'on ait toujours soin de maintenir dans la flamme le plus grand excès possible d'hydrogène, le fer s'oxyde en grande partie à mesure qu'il fond, et lorsqu'après la fusion complète on arrête le feu, il se produit un rochage notable accompagné souvent d'étincelles brillantes.

» J'ai pensé que la contradiction apparente qui existe entre la fusion du fer en vase clos et la fusion à feu nu pouvait tenir à la grande quantité d'oxyde formé dans ce dernier cas; pour m'en assurer j'ai fait les expériences suivantes.

» Une coupe en chaux pareille à celle qui m'avait servi pour fondre le fer, a été remplie d'oxyde de fer pur comprimé en petits cylindres. Le chapeau du four étant placé, ainsi que le chalumeau, j'ai fondu l'oxyde, en ayant soin, comme plus haut, de maintenir dans la flamme le plus grand excès possible d'hydrogène. Aussitôt que la fusion a été complète, j'ai arrêté le feu en laissant le dessus du four; j'ai vu alors la matière se solidifier d'abord à la surface, puis se soulever et finalement (lorsque le refroidissement se fait lentement) produire un rochage considérable sans accompagnement d'étincelles. Si l'on prolonge trop longtemps la fusion, on ne voit plus de rochage; probablement il se forme alors une combinaison de chaux et d'oxyde de fer, qui n'a plus les mêmes propriétés (1).

» La nature du vase employé pour la fusion pouvant avoir une influence

(1) Une petite quantité de silice empêche aussi le rochage.

sur ce phénomène, j'ai remplacé la chaux par la magnésie pure comprimée en forme de four; j'ai obtenu les mêmes résultats. Enfin, j'ai construit des fours semblables aux précédents, avec de l'oxyde de fer magnétique pur fortement aggloméré; le rochage s'est également produit dans ces vases, mais plus difficilement (1).

» Je n'ai pas besoin de dire que, malgré l'excès d'hydrogène, je n'ai jamais eu de fer réduit : c'était à présumer, puisque cette même flamme avait oxydé le fer dans les expériences précédentes; d'ailleurs, on sait depuis longtemps, d'après Magnus, que l'hydrogène, mêlé à une certaine quantité de vapeur d'eau, ne réduit les oxydes de fer à aucune température. C'est sans doute le cas qui se présente ici.

» On voit, d'après cela, que le rochage apparent du fer fondu dans la chaux est causé par un gaz que l'oxyde absorbe pendant la fusion. Ce gaz ne saurait être réducteur, puisqu'il n'y a eu ni réduction ni étincelle; mais, quel qu'il soit, le rochage dont il est la cause permet d'expliquer pourquoi le fer et la fonte lancent des étincelles en brûlant. Il suffit, en effet, de supposer, tout en conservant en partie les hypothèses faites à ce sujet, que ce n'est pas le fer, mais bien l'oxyde (enveloppant la parcelle de fer) qui roche et laisse à nu le métal incandescent dont la combustion commence alors au contact de l'air environnant.

» Je parlerai maintenant de certaines propriétés du fer pur que j'ai remarquées en faisant mes expériences et que je crois nouvelles.

» La fusion du fer pur dans l'hydrogène ne s'effectue pas sans difficulté, parce que le point de liquéfaction du métal précède très-rarement le ramollissement des tubes de porcelaine que l'on trouve dans le commerce. La température suffisante s'obtient rapidement avec le chalumeau Schlœsing que j'ai toujours employé et qui m'a donné largement la chaleur nécessaire pour cette expérience.

» Lorsque le fer est bien fondu, il est complétement exempt de bulles; j'ai opéré ainsi sur plus de 1 kilogramme de ce métal, par portions de 50 à 150 grammes, et j'ai toujours observé le même fait. C'est une confirmation de la non-absorption de l'hydrogène par le fer fondu. D'ailleurs, si l'on prend la densité du lingot de fer non forgé, on la trouve sensiblement plus forte que celle du fer ordinaire. Voici le résultat de ces expériences :

---

(1) L'oxyde de manganèse Mn^3O^4 roche dans les mêmes conditions que l'oxyde magnétique de fer.

	Poids.	Densité à 16 degrés.
Fer pur fondu dans l'hydrogène non forgé	gr 88,879	7,880
» » » forgé, provenant du précédent	79,074	7,868
» » » forgé, étiré en fil de 1 mill. de diam.	10,312	7,847
Bon fer du commerce ressué (barre de 1 centimètre carré)	81,540	7,852
Culot de fer pur fondu au creuset	117,540	7,833

» D'après les chiffres qui précèdent, on voit que la densité du fer fondu dans l'hydrogène est supérieure à celle de tous les autres fers fondus ou forgés dans une atmosphère non réductrice. Il est surtout très-remarquable que ce métal ait plus de densité avant d'avoir été forgé.

» Quant à la malléabilité à chaud ou à froid, elle est bien différente lorsqu'on compare le fer pur fondu dans l'hydrogène au même métal fondu dans une atmosphère légèrement oxydante. Le premier se martelle facilement au rouge sans qu'il soit utile de prendre des précautions particulières. Il ressemble beaucoup au cuivre rouge pour la mollesse et la ductilité; il s'étire également bien à froid. Je n'ai trouvé dans ce métal aucune trace de charbon en employant le procédé d'analyse le plus délicat (1).

» Le fer pur fondu dans un creuset est, au contraire, sensiblement plus dur que le précédent; les facettes de sa cassure, larges et brillantes, ont beaucoup d'analogie avec celles du fer brûlé ou soumis à des trépidations longtemps prolongées. Il est difficile à étirer au rouge; pour le forger convenablement et sans criques, il faut lui donner une première chaude suante, mais jamais il n'acquiert la malléabilité du premier. Lorsqu'il se solidifie dans le creuset, il éprouve une contraction très-visible, et souvent on trouve au milieu du lingot une cavité à parois brillantes qui provient du retrait du métal; cette cavité donnerait de fausses indications sur la densité si l'on n'en tenait pas compte.

» Un culot de ce dernier fer, scié en lames minces et chauffé pendant longtemps au rouge vif dans un courant d'hydrogène sec, donne une quantité notable d'eau; après le refroidissement, on constate une perte de poids que l'on peut attribuer en grande partie à l'oxygène contenu primitivement dans le métal. Certaines parties du culot, le bas par exemple, éprouvent

(1) M. Boussingault a bien voulu y rechercher le silicium par une méthode très-exacte qui lui appartient, et n'a rien trouvé; M. Damour a également suivi mes expériences depuis plusieurs mois. Je profite de cette circonstance pour remercier ces savants illustres des conseils qu'ils me donnent depuis bien longtemps, et qui m'ont grandement aidé dans tous mes travaux.

une perte qui va jusqu'à 5 millièmes de leur poids. Cette absorption de l'oxygène par le fer est d'autant plus grande, que le métal a subi une oxydation plus considérable pendant la fusion.

» J'ai fait des expériences analogues sur l'acier; si l'Académie veut bien me le permettre, je donnerai une autre fois le résultat de mes recherches sur ce métal. »

M. **Marchand** adresse, de Bruxelles, une démonstration du *postulatum* d'Euclide, qu'il soumet au jugement de l'Académie.

(Renvoi à la Commission nommée pour les Communications relatives à cette question.)

M. **Witwer** adresse, de Ratisbonne, un « Mémoire sur la théorie des molécules ».

(Commissaires : MM. Delaunay, Ch. Sainte-Claire Deville.)

M. A. **Espagne**, en adressant de Montpellier une brochure sur l'industrie des machines à coudre à la maison centrale de Montpellier, et sur l'utilité des moteurs artificiels dans cette industrie, exprime le désir que ce travail soit soumis à l'examen de la Commission du concours des Arts insalubres.

Le terme de tous les concours pour l'année 1870 étant expiré, la Commission du concours des Arts insalubres jugera si la brochure de M. Espagne peut encore être admise parmi les pièces qui doivent y prendre part.

CORRESPONDANCE.

M. **Joule**, nommé Correspondant pour la Section de Physique dans la séance du 30 mai, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Une traduction de la 3e édition du « Traité des maladies des femmes, par le docteur *West*, professeur d'accouchements à Londres, traduit et annoté par *M. Mauriac* ». Cet ouvrage est présenté à l'Académie par M. S. Laugier.

2° Un ouvrage du docteur *Van Dommelen*, médecin principal de l'armée hollandaise et directeur du service de santé à La Haye, sur les moyens de

transports et de secours en général aux blessés et malades en temps de guerre. A cet ouvrage est joint un atlas de 22 planches, représentant les divers appareils et moyens de transport en usage parmi les nations civilisées.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations spectroscopiques du Soleil; par* **M. J. Norman-Lockyer** (1).

« Le temps a été assez beau ces jours derniers, et le Soleil assez élevé à mes heures d'observation, pour me permettre de reprendre mon travail.

» Ma récolte de faits nouveaux n'est pas très-grande; elle l'eût été davantage si j'avais opéré sur une bande du Soleil de 50 à 100 milles de largeur, au lieu d'une qui dépassait de beaucoup un millier et n'était pas fort au-dessous de deux milliers de milles. Mais ayant obtenu, à côté de quelques faits nouveaux, d'importantes confirmations de mes observations précédentes, je peux croire que les nombreuses heures que j'ai passées à étudier des phénomènes qui me sont désormais parfaitement familiers n'ont pas été entièrement perdues.

» Les résultats négatifs obtenus par le Dr Frankland et moi-même, dans notre travail de laboratoire, sur la question de savoir si la ligne lumineuse jaune près de D, dans le spectre chromosphérique, était une ligne d'hydrogène, m'ont amené à faire sur cette ligne une série spéciale d'observations, dans le but de la différencier, s'il est possible, de la ligne C. Le professeur Zöllner avait remarqué, il y a quelque temps, que la ligne jaune était souvent moins élevée dans une proéminence que la ligne C. Mais si l'on se souvient de nos résultats au sujet du magnésium, ce fait ne prouve rien. Les preuves que je désire aujourd'hui soumettre à l'Académie sont d'un autre ordre, et, à mon avis, concluantes :

» 1° Avec une fente tangentielle, j'ai vu la ligne jaune lumineuse sous la chromosphère, tandis que la ligne C était obscure, les deux lignes se trouvant dans le même champ;

» 2° Dans le cas d'une proéminence lumineuse au-dessus d'une tache sur le disque, les lignes C et F étaient claires, tandis que la ligne jaune était invisible;

» 3° Dans une injection d'hydrogène à haute pression, le mouvement indiqué par le changement des longueurs de vibrations a été moindre pour la ligne jaune que pour C et F;

---

(1) L'Académie a décidé que cette Communication, bien que dépassant en étendue les limites réglementaires, serait insérée en entier au *Compte rendu*.

» 4° Dans une pareille injection quiescente, la pression indiquée a été moindre;

» 5° Dans un cas, la ligne C était longue et continue, tandis que la ligne jaune était de même longueur, mais brisée.

» Le fait que cette ligne se voit si rarement obscure sur le Soleil me fait soupçonner une connexion entre elle et la ligne *a* 5015 d'Angström, qui est aussi une ligne lumineuse, et se montre souvent telle dans la chromosphère, et alors plus haut que les lignes du sodium et du magnésium, quand celles-ci sont visibles en même temps, et l'on peut se demander s'il ne faut pas attribuer ces lignes à une substance qui se trouve à une température plus élevée que celles qui sont mélangées avec elle, et qui serait d'une grande légèreté, car sa ligne d'absorption reste généralement invisible dans les spectres de taches.

» J'ai pu faire une série d'observations sur la belle tache qui était visible quand je les commençai, le 10 avril, près du milieu de sa course à travers le disque. A cette époque, la tache, à en juger par l'absence presque complète d'indices d'absorption générale dans les régions pénombrales, avait peu de profondeur, de même que plusieurs des taches récemment observées. Quelques heures d'observation montrèrent qu'elle devenait plus profonde en apparence, et que les ombres s'étendaient et se multipliaient, comme s'il se produisait un affaissement général; mais des nuages survinrent, et les observations furent interrompues.

» Le jour suivant (11 avril), la tache s'était certainement développée, et l'on voyait alors une proéminence d'une éclat superbe, traversant complétement la masse la plus sombre de l'ombre, et alimentée par la pénombre ou son voisinage immédiat, ce qu'indiquait un éclat plus vif des lignes lumineuses C et F.

» 12 avril. La proéminence se maintient.

» 13 avril. La tache s'approche du limbe; la proéminence persiste au-dessus de la tache. A 11 heures, je ne voyais aucune proéminence de quelque importance sur le limbe; mais environ une heure après, je fus vivement surpris par la vue d'une proéminence, qui, sans dépendre, je crois, de la tache dont je viens de parler, en était rapprochée, qui avait plus de 2 minutes de haut et un mouvement rapide dans la direction de l'œil. Il y avait de légers nuages, qui réfléchissaient le spectre solaire; je vis donc la ligne noire C en même temps. La ligne C de la proéminence (dans laquelle les changements des longueurs de vibrations ne sont pas aussi visibles que dans la ligne F) ne coïncidait avec la ligne d'absorption que sur un arc de quelques secondes.

» Dix minutes après, l'épaisseur de la ligne vers la droite était, pour moi, le seul indice de mouvement. Dix minutes après, les lignes claire et sombre coïncidaient; et peu après, ce mouvement se produisit vers le rouge.

» J'ai fait observer à la Société Royale, il y a plus d'un an, que les plus grandes proéminences, vues à un moment donné, ne sont pas nécessairement celles qui présentent l'activité la plus intense ou le changement le plus rapide. D'après les observations faites ce jour-là et les suivants, je crois qu'on peut diviser les proéminences en deux classes :

» 1° Celles où une grande activité se produit, par l'injection des vapeurs inférieures. Celles-ci, dans la plupart des cas, ne sont pas hautes, elles ne durent que peu de temps : ce sont des pulsations; elles sont souvent renouvelées, et se montrent moins fréquemment près des pôles du Soleil que près de l'équateur. Elles accompagnent souvent les taches, mais ne sont pas bornées à celles-ci. Ce sont les proéminences très-brillantes des photographies américaines.

» 2° Celles qui sont parfaitement tranquilles, autant qu'on en peut juger par les longueurs de vibrations. Elles sont souvent élevées, persistantes, et d'une clarté médiocre. Celles-ci n'accompagnent pas, en général, les taches. Ce sont celles qu'on trouve dans le rayonnement et les proéminences pâles des photographies américaines.

» Je reviens à mes observations de la tache. Le 16, la dernière des nombreuses ombres était tout près du limbe, et il se produisait de temps à autre la plus violente action. Je travaillais sur la ligne C, et je n'avais certainement jamais vu d'aussi rapides changements dans les longueurs de vibrations. Ce mouvement était principalement horizontal, ou à peu près, et c'est probablement pour cette raison que, malgré la grande activité, les proémiences, dont trois ou quatre étaient exclues, ne s'élevaient jamais très-haut.

» J'ajoute quelques dessins exécutés, à ma demande, par un artiste, M. Holyday, qui se trouvait chez moi, et qui n'avait jamais vu mon instrument, ni le spectre solaire à un si grand écartement. Ils sont d'une haute importance, en ce qu'ils reproduisent les observations impartiales d'un œil habile et exercé.

» Les phénomènes étaient parfois extraordinaires et nouveaux pour moi. L'hydrogène jaillissait rapidement, scintillant dans sa course et tout d'un coup, ici et là ; la ligne lumineuse, large et mal déterminée, était percée en quelque sorte par une lumière d'un éclat intense, parallèle à la longueur du spectre, et, de temps à autre, le spectre de proéminence était formé tout entier de lignes lumineuses ainsi arrangées, indiquant que la proéminence elle-même était formée par des émissions distinctes, projetées de la

région voisine du limbe avec une vitesse qui s'élevait quelquefois à 100 milles par seconde. Quand cela eut duré quelque temps, la proéminence monta, et l'action cyclonique devint évidente; car loin du Soleil, ainsi que le montre mon esquisse, les masses détachées cheminaient en s'éloignant de l'œil; puis, par degrés, il se forma un fond d'hydrogène moins lumineux, se mouvant à différentes vitesses, et sur ce fond apparurent les bombes détachées (je travaillais avec un spectre vertical) semblables à des pendants d'oreilles garnis de joyaux exquis. Bientôt, il devint évident que la région de la chromosphère, immédiatement derrière celle où s'élevaient les proéminences, était chassée en arrière avec une vitesse de près de 20 milles par seconde. Le recul était si local, qu'avec la petite échelle que j'ai été malheureusement forcé d'employer, les portions mobiles et rigides étaient comprises toutes deux dans l'épaisseur de la fente. Je vis les deux lignes d'absorption se déborder (*fig.* 12).

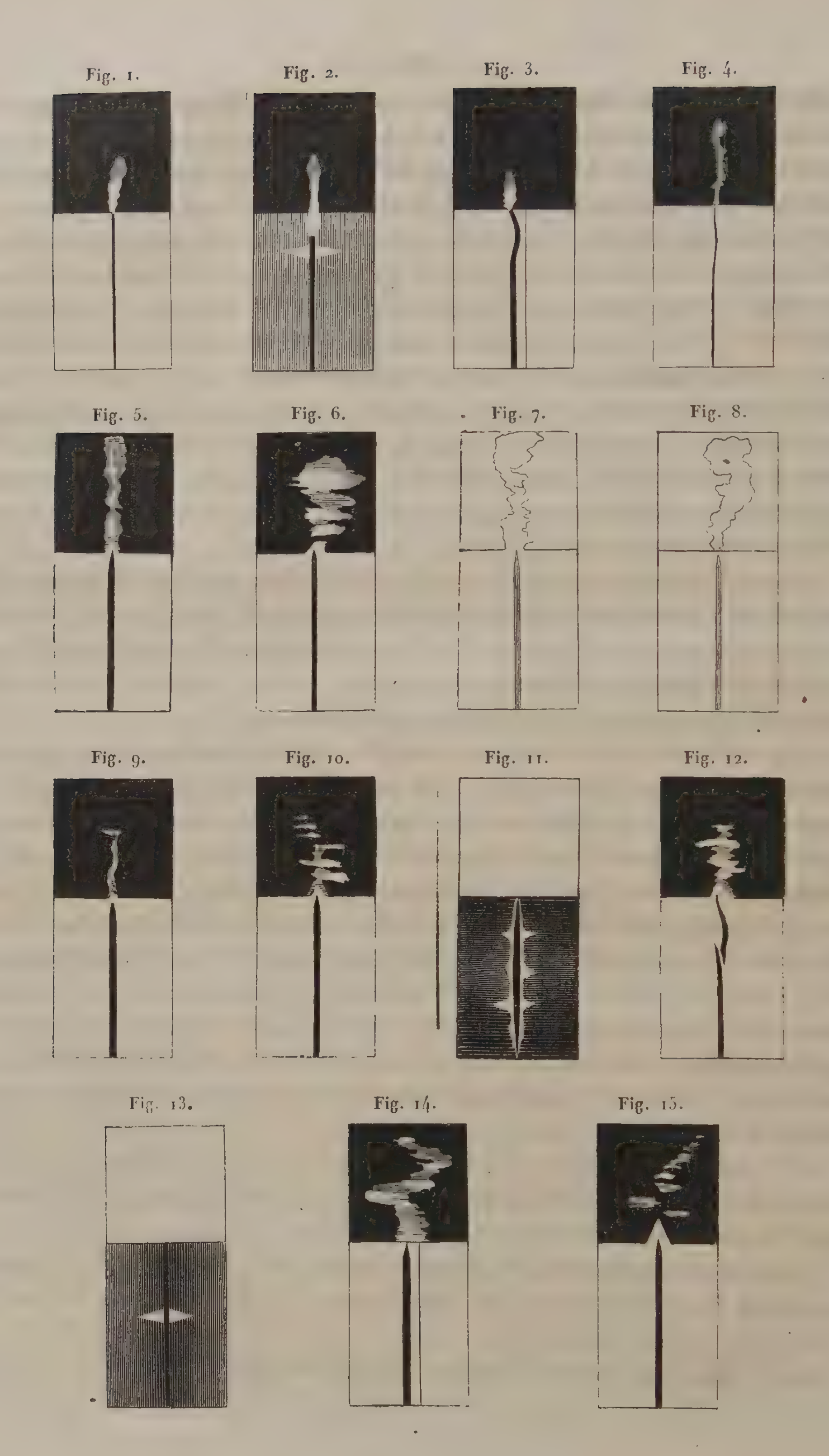
» Ces observations étaient très-importantes pour moi; car la rapidité de l'action me permit de réunir plusieurs phénomènes, avec chacun desquels je m'étais familiarisé séparément, et d'en apercevoir la signification d'ensemble. On peut les résumer comme il suit, et l'on verra qu'ils nous apprennent beaucoup sur la nature des proéminences.

» Quand l'air est parfaitement tranquille, dans le voisinage d'une grande tache, ou même en général dans une partie quelconque du disque, nous voyons les lignes d'absorption parcourant toute la largeur du spectre et traversant les lignes Frauenhofer; elles varient en intensité de teinte et en largeur, suivant qu'il se trouve un pore, une corrugation ou une tache sous la partie correspondante de la fente : un pore est, en fait, une tache. Çà et là, dans les parties les plus brillantes du spectre (là où un point lumineux de la facule est sous la fente), nous voyons tout d'un coup ce curieux phénomène : un losange de vive lumière (*fig.* 2-13). Je l'attribue à de l'hydrogène lumineux, sous une pression plus qu'ordinaire, et c'est là la raison de ces points d'une intense clarté, que l'on voit dans les rangées de facules, observées près du limbe.

» L'apparition de ce losange dans le spectroscope, qui indique une *diminution* de pression autour de la partie centrale, est le signal de quelques-uns des phénomènes suivants, souvent de tous.

» 1° Amincissement et variations curieuses dans la visibilité et l'épaisseur de la ligne d'absorption de l'hydrogène, qui fait l'objet de l'observation.

» 2° Apparition d'autres losanges dans la même région.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.

» 3° Formation plus ou moins décidée d'une proéminence lumineuse sur le disque.

» 4° Si elle est rapprochée du limbe, cette proéminence peut le dépasser, et alors la forme de son mouvement sera plus facilement observée. En pareil cas le mouvement est, le plus souvent, cyclonique et rapide, et, autre caractère d'une tempête solaire, les vapeurs photosphériques étant déchirées par l'hydrogène intensément lumineux, le nombre des lignes lumineuses visibles déterminent la profondeur d'où procède le déchirement, et varient à peu près en raison directe du degré de mouvement indiqué.

» Nous voici donc, je crois, en possession de la chaîne qui relie les proéminences avec les points brillants du facule.

» Les apparitions en forme de losanges qui ont été observées tout près de la tache, le 16, étaient accompagnées par les pulsations d'éruption dont j'ai parlé plus haut. Pendant que M. Holyday resta auprès de moi, l'espace de deux heures, il y eut deux éruptions, séparées par un intervalle de repos presque complet : chacune consistant, comme je l'ai montré, dans une série de décharges. Je fus, plus tard, témoin d'une troisième éruption. Les phénomènes observés dans les trois étaient essentiellement identiques.

» Ce jour-là, j'étais si curieux d'étudier les différentes formes de mouvement que je n'employai pas la fente tangentielle. C'est ce que je fis le jour suivant (17 avril) dans la même région, des éruptions pareilles étant alors visibles, quoique la tache ne le fût plus.

» Jugez de ma surprise et de ma joie quand, parcourant le spectre, je trouvai DES CENTAINES DE LIGNES DE FRAUENHOFER, brillantes à la base de la proéminence !

» La complication du spectre chromosphérique atteignait son maximum dans les régions plus réfrangibles que C, depuis E jusque bien au delà de *b* et près de F, et la vapeur de fer à une haute pression était une des principales causes du phénomène.

» J'ai rapporté, dans le temps, à la Société Royale, que j'avais vu la chromosphère pleine de lignes, mais la plénitude d'alors était le vide à côté de l'observation dont je parle. Il serait difficile de fournir une preuve plus convaincante de la théorie de la constitution solaire avancée par le Dr Frankland et par moi-même. Non-seulement cette observation vient à l'appui de tous mes résultats précédents sur ce sujet, mais elle tend à montrer le peu de profondeur de la région dans laquelle se produisent les plus importants phénomènes solaires, en même temps que sa situation précise.

» L'aspect de la ligne F, avec une fente tangentielle à la base de la proé-

minence, comprenait deux de ces points brillants en forme de losanges dont j'ai parlé plus haut; ils étaient plus allongés que d'ordinaire, effet, je présume, de la pression (pression plus grande), entraînant une plus grande complication du spectre chromosphérique; cette complication est presque impossible à observer sur le disque.

» Il est digne de remarque que, dans une autreproéminence, du même côté du Soleil, quoique l'action fût grande, les matériaux projetés étaient simples : c'étaient seulement du sodium et du magnésium; et qu'un changement modéré des longueurs des vibrations dans ces vapeurs était manifeste. Outre ces observations du 17, je profitai aussi de la pureté de l'air pour examiner au télescope les deux taches sur le disque, que le spectroscope annonçait tranquilles quant aux mouvements de hausse et de baisse.

» J'aperçus parfaitement tous les dômes de nuages dans leur voisinage; je les vis s'étirer, par suite de courants horizontaux sans doute, dans les pénombres, tandis qu'on voyait ici et là, sur le fond des taches, de semblables masses de nuages détachées, dont la distribution changeait de temps en temps, le spectre de ces masses ressemblant à celui de leurs analogues sur la surface générale du Soleil.

» J'ai dit plus haut que la région d'une tache comprise par la pénombre paraît moins profonde dans les taches que j'ai observées ces derniers temps (nous touchons maintenant à la période du maximum des taches solaires); je dois ajouter que je pense avoir la preuve que la chromosphère est aussi moins profonde qu'en 1868.

» Je m'occupe actuellement d'observations sur ces deux points, d'où peuvent découler, à mon avis, bien des conclusions importantes.

EXPLICATION DES FIGURES.

Dessins et observations de M. Holiday :

1. Proéminence fortement courbée.
2. Proéminence empiétant sur le limbe. Ligne brillante croisant la ligne noire.
3, 4. Ligne noire (F) courbée vers le bas, quelquefois touchant presque la ligne du fer en bas.
5. Proéminence presque séparée.
6. Renflement excessivement brillant au-dessus et au-dessous de la ligne F. L'interruption est très-complète.

7, 8. Courbure de proéminence très-marquée.
9, 10, 12, 14, 15. Mon propre dessin, fait pendant la première et la seconde éruption.
11. Losange sur le limbe, comme on le voit avec la fente tangentielle.
13. Losange comme on le voit sur le Soleil. »

ASTRONOMIE. — *Éphéméride de la comète nouvellement observée.* Lettre de M. **Winnecke** à M. Le Verrier.

« Karlsruhe, 9 juin 1870.

» La seule observation de la comète que j'aie pu faire, depuis ma dernière Lettre, est celle du 2 juin, à $13^h 44^m 30^s$ temps moyen de Karlsruhe :

$$\alpha * \text{☄} = 0^h 53^m 42^s,74, \quad \delta * \text{☄} = +28^\circ 6' 18'',4.$$

L'éclat de la comète s'était beaucoup accru.

» Ayant reçu de M. Argelander une observation du 5 juin, j'ai calculé sur les observations des 30 mai, 2 et 5 juin, l'orbite suivante :

1870, juillet 12,905, T. M. Berlin.

$$\pi = 302^\circ.14'.53''$$
$$\Omega = 140.\ 3.45.\ \text{Éq. app. 2 juin.}$$
$$i = 57.19.17$$
$$\log q = 9{,}99579$$

Mouvement rétrograde.

Observation moyenne .... (C — O), $\Delta\lambda = 0''$, $\Delta\beta = +2''$.

» L'éphéméride suivante est déduite de ces éléments :

12^h Berlin.	α * ☄.	δ * ☄.	$\log r$.	$\log \Delta$.
Mai 30	12°.30′,7	+28°.53′,8	0,0910	0,2078
Juin 3	13.42,7	27.51,0	0,0775	0,1779
7	15. 0,6	26.37,2	0,0643	0,1445
11	16.26,9	25. 8,9	0,0517	0,1070
15	18. 4,4	23.21,0	0,0398	0,0649
19	19.58,1	21. 6,6	0,0289	0,0173
23	22.14,9	18.14,4	0,0192	9,9632
27	25. 5,3	14.27,2	0,0109	9,9018
Juillet 1	28.46,5	9.16,1	0,0042	9,8328
5	33.45,7	+ 1.59,0	9,9994	9,7571

» Je vous prie de communiquer ces résultats à l'Académie. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur une certaine famille de courbes et de surfaces.* Note de MM. **F. Klein** et **S. Lie**, présentée par M. Chasles.

« Dans une Note que nous avons communiquée récemment à l'Académie, nous avons établi un théorème général concernant des courbes et des sur-

faces que nous avons appelées les *courbes* et les *surfaces* V. Aujourd'hui nous nous proposons de donner quelques détails, qui sont, il est vrai, des conséquences immédiates de nos considérations, mais qui serviront peut-être à les éclaircir davantage.

» Dans notre Communication précédente nous avons supposé un tétraèdre donné et nous avons défini ce que nous avons appelé les *correspondances* (*cogrédientes* ou *contragrédientes*) appartenant à ce tétraèdre. Nous ne considérons ici que le cas d'un tétraèdre proprement dit, et les correspondances qui coordonnent les points, les plans, les lignes droites.

» Ces correspondances contiennent un grand nombre de correspondances étudiées antérieurement ; nous allons en donner une courte énumération :

» I. Une correspondance cogrédiente entre les points et les points, ou entre les plans et les plans, est une correspondance homographique, laissant invariable le tétraèdre donné.

» Une correspondance contragrédiente entre les points et les points fait correspondre à un plan une surface du troisième ordre avec quatre points doubles dans les sommets du tétraèdre.

» Par une correspondance contragrédiente entre les plans et les plans un point se change dans une surface Steinérienne, ayant les quatre faces du tétraèdre pour plans tangents doubles.

» Parmi les correspondances cogrédientes entre les points et les plans on retrouve d'une part la correspondance, étudiée par Plücker, sous le nom de *polarité par rapport à un tétraèdre,* d'autre part une correspondance, considérée par M. Cremona dans ses recherches sur les courbes du quatrième ordre avec un point de rebroussement (*Comptes rendus,* t. LIV). Dans le dernier cas, le plan passe toujours par son point correspondant.

» Une correspondance contragrédiente entre les points et les plans est équivalente à la polarité réciproque par rapport à une surface du deuxième degré, conjuguée au tétraèdre donné.

» Les correspondances cogrédientes ou contragrédientes entre les points ou les plans et des lignes droites font correspondre les points ou les plans aux droites d'un certain complexe du deuxième degré (1), engendré par une droite qui est transposée par toutes les transformations linéaires appartenant au tétraèdre donné. On peut définir ce complexe d'une autre ma-

(1) De là on peut tirer une théorie des congruences et des surfaces gauches appartenant au complexe.

nière en disant que ses lignes déterminent, avec les faces du tétraèdre, un rapport anharmonique donné.

» M. Reye a étudié ce complexe dans la seconde partie de sa *Géométrie de situation* (1868) (1). Il considère entre autres une correspondance entre les droites du complexe et les points, qu'il obtient en coordonnant à chaque point l'intersection de ses plans polaires par rapport à deux surfaces du deuxième degré. Cette correspondance est identique avec la correspondance contragrédiente entre les points et les droites.

» Parmi les correspondances cogrédientes, on doit remarquer le cas où la droite passe par le point correspondant. Une correspondance de cette sorte a été signalée par M. Chasles, dans ses *Recherches sur le mouvement infiniment petit d'un corps*. M. Chasles n'a eu à considérer qu'un cas spécial, qui, dans nos recherches, correspond à un tétraèdre dont deux faces coïncident.

» Enfin un cas particulier de la correspondance contragrédiente entre les plans et les droites a été considéré par MM. Chasles et Plücker : la correspondance entre les normales d'un système de surfaces du second degré homofocales et leurs plans tangents.

» 2. Revenons maintenant à notre théorème fondamental.

» Pour les éléments a, b, que l'on coordonne, on pourra choisir des points, des plans, des lignes droites en combinaison quelconque, et l'on pourra énoncer le théorème de manières différentes pour ces divers cas particuliers. Par exemple, que l'on considère la correspondance contragrédiente entre les points et les plans, on aura le théorème, que les courbes V et les surfaces V sont leurs propres polaires réciproques par rapport à chaque surface du second ordre, qui est conjuguée au tétraèdre donné et qui a un point et son plan tangent de commun avec elles.

» On peut déduire de notre théorème un grand nombre d'autres, à l'aide de la remarque suivante. Soit donnée une courbe V ou une surface V : une courbe ou une surface quelconque qui possède avec elle un rapport invariable par des transformations qui transforment la courbe ou la surface V en elle-même, se transformera par ces transformations dans une courbe ou une surface possédant le même rapport avec la courbe ou la surface V.

---

(1) Nous ajoutons que ce complexe a été rencontré déjà antérieurement par plusieurs géomètres, et surtout par M. Chasles, qui, dans son *Aperçu historique*, a appelé expressément l'attention des géomètres sur cet assemblage de droites.

» Nous allons énoncer quelques théorèmes que l'on obtient de cette manière.

» 3. Une courbe V ne possède de singularités que dans des sommets du tétraèdre.

» Toutes les courbes covariantes d'une courbe V, par exemple les courbes doubles de leurs surfaces développables, sont des courbes V du même système.

» Les courbes V d'un même système ne se coupent que dans des sommets du tétraèdre.

» Le point de contact d'une tangente d'une courbe V et ses points d'intersection avec les quatre faces du tétraèdre ont un rapport anharmonique constant.

» Ce rapport ne dépend que du système auquel la courbe appartient.

» Le plan osculateur d'une courbe V et les plans passant par la tangente et les quatre sommets du tétraèdre ont le même rapport anharmonique constant.

» Quand on détermine, sur toutes les génératrices d'une surface développable appartenant à une courbe V, le point ayant un rapport anharmonique constant avec les points de rencontre de la droite et les faces du tétraèdre, ce point se trouve sur une courbe V du même système.

» Dans les quatre derniers théorèmes on peut remplacer le tétraèdre par une surface V quelconque contenant des courbes V du système de la courbe donnée.

» Les plans osculateurs d'une courbe V dans ses n points d'intersection avec un plan quelconque rencontrent la courbe en $n(n-3)$ points, situés à n sur $(n-3)$ plans.

» Les courbes V qui se trouvent sur une surface du deuxième degré contenant quatre arêtes du tétraèdre appartiennent à un complexe du premier degré contenant les mêmes arêtes, et réciproquement.

» Une surface V ne contient de singularités que dans des arêtes du tétraèdre.

» Toutes les surfaces covariantes d'une surface V sont des surfaces V du même système.

» L'intersection des deux surfaces V consiste dans des courbes V d'un même système.

» Les surfaces V d'un même système ne se coupent que dans des arêtes du tétraèdre donné.

» Les lignes asymptotiques d'une surface V sont des courbes V. Elles appartiennent à deux systèmes différents.

» Les courbes V touchant une courbe dont toutes les tangentes coupent les faces du tétraèdre en quatre points ayant un rapport anharmonique donné sont des lignes asymptotiques de la surface engendrée par elles.

» Les surfaces développables de toutes les courbes V d'un même système tracées sur une surface V enveloppent une autre surface V, en la touchant suivant des courbes du même système.

» L'ordre et la classe de la congruence formée par les tangentes de ces courbes sont les mêmes; ils s'accordent avec l'ordre et la classe de la surface V. »

HYDRO-DYNAMIQUE. — *Essai sur la théorie de l'écoulement d'un liquide par un orifice en mince paroi* (suite). Note de **M. J. Boussinesq**, présentée par M. de Saint-Venant.

« Dans mon article du 31 janvier, consacré à l'étude des cas où l'orifice est une fente rectiligne indéfinie de largeur constante $2b$ et un cercle de rayon R, j'ai montré qu'on est conduit aux formules

$$(12)\quad f(y)=\frac{3\pi}{2}\sqrt{2gh}\,\frac{y^2}{b^2}\left(1-\frac{y^2}{b^2}\right),\quad f(r^2)=\frac{1575\pi}{628}\sqrt{2gh}\,\frac{r^4}{R^4}\left(1-\frac{r^2}{R^2}\right),$$

pour exprimer, à une première approximation, la composante, normale au plan de l'orifice, de la vitesse qui se produit dans ce plan à la distance y de l'axe de la fente ou à la distance r du centre du cercle. Les valeurs qui en résultent pour le coefficient de la dépense sont : 1° lors d'un orifice rectiligne, 0,6283, nombre qui dépasse peu la moyenne des valeurs obtenues expérimentalement par M. Lesbros dans des conditions voisines de celles que je suppose; 2° quand l'orifice est circulaire, 0,6566, valeur dont l'excès sur celle qu'on admet d'ordinaire (0,62) peut être attribuée aux frottements. Ceux-ci doivent alors produire des effets plus grands que dans le premier cas; car ils s'exercent dans tous les sens autour du centre de l'ouverture. Cette influence des frottements paraît moins grande dans les gaz qui s'écoulent par des orifices en mince paroi sous d'assez petites pressions, bien qu'avec des vitesses relativement considérables dues à leurs faibles masses : en effet, le coefficient de la dépense a été trouvé par d'Aubuisson, dans ces écoulements, égal à 0,65 : or, on ne doit pas regarder comme fortuite la coïncidence de ce nombre avec le coefficient théorique

0,6566; car, les variations de pression et de densité produites chez les gaz qui s'écoulent étant très-faibles par rapport aux variations correspondantes de vitesse, on peut sensiblement leur appliquer la relation $\Delta_2 \varphi = 0$, exprimant l'incompressibilité, et par conséquent la théorie actuelle, à cela près que $\sqrt{2gh}$ doit être remplacé par la vraie vitesse du gaz aux bords de l'orifice.

» Ainsi, les formules (12) doivent donner avec une exactitude suffisante la dépense qu'on obtiendrait si les frottements n'existaient pas, ou plutôt s'ils avaient pour unique effet de produire dans toute la masse fluide la continuité supposée des mouvements, en empêchant deux molécules très-voisines d'avoir des vitesses sensiblement différentes, mais sans gêner l'action de la pression hydrostatique. Toutefois, ces formules ont l'inconvénient de donner aux fonctions f, pour $y = b\sqrt{\frac{1}{2}}$, ou pour $r = R\sqrt{\frac{2}{3}}$, des valeurs égales environ à $1,17\sqrt{2gh}$, et par suite, d'après le principe de D. Bernoulli, des pressions inférieures à celle de l'atmosphère; ce qui n'est guère admissible. Proposons-nous de les compléter par d'autres termes, tels : 1° que la dépense n'en soit pas changée; 2° que la vitesse, pour $y = b$ ou $r = R$, soit toujours $\sqrt{2gh}$; 3° enfin, que la vitesse normale f, paire en y ou en r et nulle pour $y = 0$ ou $r = 0$, croisse d'abord avec y ou r croissants, atteigne un maximum un peu inférieur à $\sqrt{2gh}$, et décroisse ensuite pour s'annuler lorsque $y = b$ ou $r = R$. Si l'on prend les trois termes les plus simples dans ces conditions, avec des coefficients m, k, k', ou m_1, k_1, k'_1, il viendra, au lieu de (12),

$$(13)\quad \begin{cases} \text{soit } f(y) = \frac{3\pi}{2}\sqrt{2gh}\left[1 + m\left(1 - k\frac{y^2}{b^2} + k'\frac{y^4}{b^4}\right)\right]\frac{y^2}{b^2}\left(1 - \frac{y^2}{b^2}\right), \\ \text{soit } f(r^2) = \frac{1575\pi}{628}\sqrt{2gh}\left[\frac{r^2}{R^2} + m_1\left(1 - k_1\frac{r^2}{R^2} + k'_1\frac{r^4}{R^4}\right)\right]\frac{r^2}{R^2}\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right). \end{cases}$$

» En exprimant que la depense est la même que pour m et m_1 nuls, on obtient entre k et k', ou entre k_1 et k'_1, une équation du premier degré. D'autre part, la seconde relation (5) donne, pour la vitesse au bord d'un orifice rectiligne,

$$(14)\quad \sqrt{2gh} = \frac{1}{\pi}\int_0^{2b}\frac{f(b-\eta')}{\eta'}d\eta' = \frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{f(-bs)}{1+s}ds = \frac{2}{\pi}\int_0^1\frac{f(bs)}{1-s^2}ds.$$

» Lorsque l'orifice est circulaire, cette équation est remplacée par (9), dont la méthode indiquée à la note de l'article du 31 janvier facilite beaucoup le calcul. Si l'on effectue les intégrations, il vient en k et k', ou en k_1

et k'_1, une autre équation du premier degré, qui, avec la précédente, donne

$$(15)\qquad \begin{cases} k = \frac{14}{3} = 4,667, & k' = \frac{21}{5} = 4,2; \\ k_1 = \frac{2885}{718} = 4,018, & k'_1 = \frac{1}{3}(5k_1 - 10) = 3,363. \end{cases}$$

» Enfin, m et m_1 doivent être pris peu inférieurs à 1, sans quoi les valeurs maximums des fonctions f, et même leurs valeurs pour $y^2 = \frac{1}{2}b^2$, $r^2 = \frac{2}{3}R^2$, ne seraient pas plus petites que $\sqrt{2gh}$. Je me suis assuré par quelques tâtonnements qu'il convient de faire à peu près $m = 1$ et $m_1 = 0,8$. Si l'on désigne par $\psi(q)$ et $\chi(q)$ ce que deviennent respectivement les seconds membres de (13) lorsqu'on y fait $m = 1$, $m_1 = 0,8$, et qu'on appelle q, soit le quotient de y^2 par b^2, soit celui de r^2 par R^2, on verra que la dérivée $\psi'(q)$, > 0 pour $q = 0$, décroît ensuite lorsque q grandit, s'annule pour $q = 0,273$, continue à décroître, devient minimum pour $q = 0,409$, puis grandit un peu, tout en restant négative, jusqu'à $q = 0,646$, et ne cesse ensuite de décroître jusqu'à $q = 1$; $\chi'(q)$, > 0 pour $q = 0$, décroît jusqu'à $q = 0,311$, sans cesser d'être positive, puis croît lentement jusqu'à $q = 0,601$, et décroît ensuite jusqu'à $q = 1$, en s'annulant pour $q = 0,756$. Ainsi les fonctions $f(y)$ ou $f(r^2)$ grandissent d'abord, et puis diminuent, lorsque y ou r croissent de zéro à b ou à R : leurs maximums, égaux environ à $0,97\sqrt{2gh}$, ont lieu pour $y = 0,52b$ et pour $r = 0,87R$. Si l'on voulait que ces maximums fussent plus faibles, il faudrait prendre m et m_1 plus grands que 1 ou 0,8; mais alors $\psi'(q)$ et $\chi'(q)$ s'annuleraient trois fois entre $q = 0$ et $q = 1$, et les fonctions f, croissant et décroissant deux fois entre les mêmes limites, varieraient un peu moins simplement.

» Navier est arrivé à un coefficient (0,637) de la dépense très-voisin du vrai, en supposant tous les filets liquides animés, à l'orifice, de la même vitesse $\sqrt{2gh}$, mais diversement inclinés, de manière à donner

$$(16)\qquad f(y) = \sqrt{2gh}\cos\frac{\pi}{2}\frac{y}{b}, \quad f(r^2) = \sqrt{2gh}\cos\frac{\pi}{2}\frac{r^2}{R^2}.$$

» Les valeurs que prennent, avec ces expressions de f, les seconds membres de (14) et de (9), s'obtiendront en développant un sinus en série et en intégrant l'expression correspondante à chaque terme du développement; pour la relation (9), ces intégrations se feront au moyen de formules analogues à celles de la Note déjà citée (article du 31 janvier),

mais plus simples, et qu'on établira de la même manière. On trouve ainsi que les seconds membres de (14) et de (9) valent environ $0,59\sqrt{2gh}$ et $0,57\sqrt{2gh}$, au lieu de $\sqrt{2gh}$ (*). *L'hypothèse de Navier est donc inadmissible,* et il faut s'en tenir à ce principe (article du 3 janvier), que la vitesse est sensiblement nulle au centre des orifices. Ce principe, dont la preuve expérimentale, rapportée dans les *Recherches hydrauliques de MM. Poncelet et Lesbros* (p. 401), consiste à plonger de haut en bas un tube de petite section jusqu'au centre de l'orifice, et même un peu au delà dans la veine, et à observer que le liquide s'élève à peu près dans ce tube comme dans le vase, est admis au tome I du *Cours de Physique* de M. Jamin (p. 326), comme seul d'accord avec les faits. La raison que j'ai essayé d'en donner à l'article du 3 janvier revient à dire qu'au premier instant de l'écoulement, les molécules fluides du bord de l'orifice sont aussi fortement pressées vers le dehors que les molécules du centre, et doivent acquérir des vitesses nor-

---

(*) On trouve :

1° Pour le second membre de (14),

$$\frac{\sqrt{2gh}}{\pi}\int_0^2 \sin\frac{\pi}{2}s\frac{ds}{s} = \sqrt{2gh}\left[1-\frac{1}{3^2}\frac{\pi^2}{1.2}+\frac{1}{5^2}\frac{\pi^4}{1.2.3.4}-\ldots\right];$$

2° Pour celui de (9),

$$\frac{\sqrt{2gh}}{\pi}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\cos\omega\,d\omega\int_0^{2\cos\omega}\sin\frac{\pi}{2}(2s\cos\omega-s^2)\frac{ds}{s},$$

qui devient aisément

$$\sqrt{2gh}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\cos^2\omega\,d\omega\left[\frac{1}{2}B_0-\frac{\pi^2}{2.4.6}B_2+\frac{\pi^4}{2.4\ldots10}B_4-\ldots\right],$$

où

$$B_n=\int_0^{2\cos\omega}(2s\cos\omega-s^2)\,ds.$$

Or une intégration par parties, suivie de quelques transformations faciles, donne

$$B_n=\frac{2n}{2n+1}\cos^2\omega\,B_{n-1},$$

d'où l'on déduira B_1, B_2, ..., à partir de B_0. En achevant les intégrations, on trouve pour le second membre de (9)

$$2\sqrt{2gh}\left[\frac{1}{3}-\frac{2.4}{(3.5)^2}\frac{\pi^2}{7}+\frac{2.4.6.8}{(3.5.7.9)^2}\frac{\pi^4}{11}-\ldots\right].$$

males comparables à celles de ces dernières; mais les formules établies au même article montrent qu'alors la vitesse totale est, sur les bords, infinie par rapport aux valeurs qu'elle a aux autres points : les filets qui en partent auront donc envahi tout l'orifice avant que les molécules du centre aient pu acquérir des vitesses appréciables. Ces filets se recourberont en chemin sous la pression du fluide plus central, et donneront ainsi naissance à la contraction de la veine, et, par suite, à des forces centrifuges qui maintiendront presque immobiles les molécules du centre de l'orifice. »

THERMO-DYNAMIQUE. — *Sur l'équivalent mécanique de la chaleur.* Note de **M. J. Violle**, présentée par M. H. Sainte-Claire Deville.

« Je me suis proposé de déterminer l'équivalent mécanique de la chaleur par la mesure du phénomène thermique qui se produit lorsqu'on fait agir un aimant sur un corps conducteur en mouvement.

» L'appareil dont je me suis servi est l'appareil de Foucault, modifié de façon à se prêter à des expériences de mesure. Un disque de cuivre rouge, de $0^m,078$ de diamètre, $0^m,008$ d'épaisseur et pesant $291^{gr},202$, pouvait tourner entre les deux surfaces polaires d'un électro-aimant animé par le courant de douze éléments de Bunsen. Ce disque était porté par un axe en acier mobile entre deux pointes également en acier, et, par l'intermédiaire d'un système d'engrenages, on pouvait lui communiquer une vitesse qui a varié de 611,2 à 4736,8 tours à la minute. Le disque était isolé de l'axe par une pièce en caoutchouc durci invariablement fixé sur l'axe; mais on pouvait séparer facilement le disque en tirant un petit verrou qui, pendant la rotation, reliait solidement le disque à la pièce en caoutchouc. La rotation se faisait à la main à l'aide d'une manivelle à laquelle on s'est efforcé de donner un mouvement régulier; un chronomètre, marquant le quart de seconde, mesurait la durée de l'expérience. Quand on avait fait tourner le disque pendant un temps convenable, on l'enlevait rapidement, on le séparait de l'axe et on le plongeait dans un calorimètre contenant 150 grammes d'eau; on agitait soigneusement, et au moyen d'un thermomètre mesurant le 200e de degré, on observait la température stationnaire du mélange. On avait d'ailleurs pris soin de mesurer exactement la température initiale de l'eau et la température initiale du disque; cette dernière était indiquée par un thermomètre plongeant dans un bain liquide dont on ne retirait le disque qu'au moment même d'opérer. Ce bain liquide était le plus habi-

tuellement à la température même de l'eau du calorimètre, de sorte que la température initiale du disque était, en général, la même que celle du liquide calorimétrique. Le tableau suivant résume les expériences faites dans ces conditions :

Nombre de tours de la manivelle en une minute.	Nombre de tours du disque en une minute.	Durée de l'expérience.	Échauffement observé.
4	611,2	15^{m}	0°,440
		30	0,610
8	1224,2	7,5	0,880
		15	1,220
12	1833,6	5	1,330
		10	1,845
		15	2,040
26	3972,8	4	4,065
		8	4,600
31	4736,8	2	3,490

» Pendant toutes ces expériences, l'intensité du courant qui animait l'électro-aimant a été maintenue constante au moyen d'un rhéostat servant à atténuer, chaque fois que cela était nécessaire, les variations qui tendaient à se produire. L'intensité était mesurée au moyen d'un galvanomètre à réflexion de Weber sur le barreau duquel agissait une spirale plate placée à distance et traversée par le courant : l'action de cette spirale produisait une déviation de 225 divisions, déviation qu'il était facile de maintenir constante à $\frac{1}{2}$ division près.

» Le refroidissement du disque pendant la rotation a pu être déterminé par la comparaison des expériences se rapportant à une même vitesse : en supposant que le refroidissement s'effectue à chaque instant suivant la loi de Newton et en supposant, en outre, qu'il est proportionnel à la vitesse de la rotation, on trouve, pour le coefficient de refroidissement, les nombres suivants :

Nombre de tours de la manivelle....	4	8	12	26
Coefficient de refroidissement......	0,01475	0,01475	0,01472 0,01477	0,01476

Et, par suite, les températures stationnaires que l'on eût observées si le disque n'avait rien perdu seraient

Nombre de tours de la manivelle.......	4	8	12	26	31
Échauffement........................	0°,635	1°,269	1°,916	7°,185	5°,086

le dernier nombre étant calculé à l'aide du coefficient moyen 0,01475.

» Si l'on rapporte ces échauffements à un même laps de temps, quinze minutes par exemple, on a les nombres

$0^{\circ},635$ $2^{\circ},538$ $5^{\circ},748$ $26^{\circ},944$ $38^{\circ},145$

qui sont très-sensiblement proportionnels aux carrés des vitesses de rotation; le coefficient de proportionnalité est, en effet,

25,197 25,208 25,052 25,089 25,194 Moyenne : 25,152

» Servons-nous de ce coefficient moyen pour calculer l'échauffement correspondant à 4 tours de la manivelle : on trouve 0,11637 unité de chaleur, la masse en eau de tout l'appareil étant $0^{kg},182971$.

» Pour tirer de cette déterminatiou une mesure de l'équivalent mécanique de la chaleur, il fallait évaluer le travail nécessaire pour faire tourner le disque avec la même vitesse, 4 tours de la manivelle par minute.

» Une série d'expériences a donc été faite dans le but de mesurer ce travail : pour cela, on produisait la rotation du disque, toujours soumis à l'action de l'électro-aimant, au moyen d'un poids agissant directement sur un fil de soie très-fin, enroulé sur l'axe même du disque, et lorsque le disque avait pris un mouvement uniforme, on mesurait le temps nécessaire pour qu'une même longueur de fil, $1^{m},4645$, se déroulât sous diverses charges; on a trouvé les nombres suivants :

Charges............	$11^{gr},75$	41,35	91,25	191,10	489,00
Durées............	$102^{s},5$	29,00	13,25	6,25	2,47

» Les nombres inscrits à la première ligne de ce tableau représentent les charges, corrigées chacune du poids qui était nécessaire pour donner la même vitesse à l'axe seul, le disque étant enlevé et le courant animant toujours l'électro-aimant. Si l'on fait le produit de la charge par la durée de la chute pour chaque expérience, on a un nombre constant :

1204,37 1199,15 1209,06 1194,37 1207,83 Moyenne : 1202,96

Et si, au moyen du nombre ainsi déterminé, 1202,96, on calcule le travail nécessaire pour faire tourner le disque pendant 15 tours avec la vitesse correspondant à la troisième expérience, laquelle est $547^{t},20$ à la minute, on trouve $70^{kgm},5848$. Mais le travail nécessaire pour maintenir une vitesse déterminée du disque est, d'après les expériences mêmes, proportionnel au carré de cette vitesse : le travail nécessaire pour maintenir une vitesse de rotation de $611^{t},2$ à la minute est donc $50^{kg},640$.

» Si l'on rapproche ce nombre de celui que j'ai donné plus haut pour la chaleur développée dans les mêmes conditions, il en résulte, pour l'équivalent mécanique de la chaleur : 435,2.

» Je poursuis actuellement ces recherches, et, dans une prochaine Note, j'exposerai les résultats que j'ai obtenus dans les nouvelles conditions où je me suis placé. »

CHIMIE. — *Expériences sur l'électrolisation de l'air ou de l'oxygène, comme moyen de production de l'ozone; par* **M. A. Houzeau.** (Extrait.)

« De quatre cents dosages d'ozone, je conclus que, sous l'influence de l'étincelle de l'appareil de Ruhmkorff :

» I. La production de l'ozone est plus grande dans l'air renouvelé que dans l'air confiné.

» II. Elle est plus grande au pôle négatif qu'au pôle positif.

» III. La production de l'ozone n'augmente que jusqu'à un certain point avec la durée de l'électrolisation.

» IV. L'ozone augmente avec l'intensité électrique.

» V. L'ozone diminue quand la distance qui sépare les électrodes augmente.

» VI. La production de l'ozone varie avec la longueur ou la surface des électrodes.

» VII. Toutes choses étant égales, la production de l'ozone est plus grande en utilisant l'effet des deux électrodes.

» VIII. La production de l'ozone se manifeste également hors du contact direct de l'air avec les électrodes métalliques, quand ces dernières sont chacune entourées dans toute leur longueur d'un tube de verre mince jouant le rôle de fourreau isolant, que les extrémités de ce tube soient ou ne soient pas fermées.

» IX. Toutefois, la production de l'ozone résultant du passage de l'air sur les électrodes métalliques nues (contact direct avec les fils de platine) est plus grande que celle qui provient du passage de l'air autour des mêmes électrodes fourrées et fermées (absence de contact direct de l'air avec les électrodes métalliques nues).

» X. Avec les électrodes fourrées fermées, la production de l'ozone varie également avec la longueur ou la surface des électrodes métalliques.

» XI. La production de l'ozone augmente considérablement avec l'abaissement de la température à laquelle s'effectue l'électrolisation de l'air.

» XII. Toutes les conditions étant égales, la quantité d'ozone produite avec un volume déterminé d'oxygène est toujours bien plus considérable (environ huit à dix fois) que celle fournie par le même volume d'air.

» XIII. L'ozone produit par l'électrolisation obscure de l'air est accompagné de petites quantités de composés nitreux, tandis que celui qui est fourni par l'oxygène pur, dans les mêmes conditions, n'en renferme pas de traces. (Opinion de M. Cahours, confirmée par l'expérience.)

» Après avoir reconnu par ces études préliminaires les conditions les plus favorables dans lesquelles il faut se placer pour obtenir le plus d'ozone possible avec une étincelle électrique donnée, j'ai pu établir d'une manière rationnelle un nouvel appareil que je désigne sous le nom d'*ozoniseur* et à l'aide duquel on prépare à l'instant même, sans autres matières premières que l'air ou l'oxygène, des quantités d'ozone demeurées inconnues jusqu'ici.

» On s'en fera une idée quaud on se rappellera que les auteurs qui, au Conservatoire des Arts et Métiers, se sont servis du condensateur de Bens, lui ont fait rendre en moyenne $21^{mg},4$ d'ozone, pour 10 litres d'oxygène, avec une étincelle de *vingt-trois centimètres* dans l'air, tandis qu'avec mon ozoniseur, on peut faire produire, à une intensité électrique dix ou vingt fois plus faible, une proportion d'ozone soixante-dix fois plus grande pour le même volume d'oxygène.

» En terminant, qu'il me soit permis de signaler à l'Académie le concours plein de zèle que m'ont prêté, dans ces longues et délicates recherches, deux de mes aides, MM. Albert François et Eugène Hermite. »

CHIMIE. — *Recherches sur le platine.* — Note de **M. P. Schützenberger**, présentée par M. H. Sainte-Claire Deville.

« Les deux composés $COPtCl^2$, *chloro-platinite de carbonyle,* et $C^2O^2PtCl^2$, *chloro-platinite de dicarbonyle,* décrits dans la Note que j'ai eu l'honneur de soumettre précédemment à l'Académie des Sciences peuvent être considérés comme les chlorures de deux radicaux composés diatomiques $(CO,Pt)_{''}$ *platoso-carbonyle* et $\left(\begin{smallmatrix}CO\\CO\end{smallmatrix} > Pt\right)_{''}$ *platoso-dicarbonyle.* J'ai entrepris une série d'expériences en vue de vérifier cette manière d'envisager la constitution de ces produits.

» *Action de l'ammoniaque.* — Lorsqu'on dirige un courant d'ammoniaque sèche sur l'un ou l'autre de ces deux corps, à la température ordinaire, il

y a réaction évidente, vu que leur surface prend une teinte plus claire; mais l'action n'est que superficielle et incomplète. En chauffant, au contraire, au point de fusion de la matière, on voit intervenir une réaction vive, avec mise en liberté de platine et formation de chlorhydrate d'ammoniaque. Pour arriver à des résultats plus nets, j'ai saturé par de l'ammoniaque sèche une solution de chloro-platinite de carbonyle dans le perchlorure de carbone.

» Il se précipite, dans ce cas, d'abondants flocons jaune-clair, tandis que la solution se décolore.

» Obtenu avec $COPtCl^2$, le nouveau composé a donné pour le carbone, l'hydrogène, l'azote et le platine des nombres qui se rapportent à la formule

$$Az^2H^6COPtCl^2 \quad \text{ou} \quad Az^2H^4(PtCO)_{''}.Cl^2H^2,$$

dichlorhydrate de platoso-carbonyle-diamine. Avec le chloro-platinite de dicarbonyle ($C^2O^2PtCl^2$), les nombres trouvés conduisent à la formule

$$Az^2H^6C^2O^2PtCl^2 \quad \text{ou} \quad Az^2H^4(PtC^2O^2)_{''}.Cl^2H^2,$$

dichlorhydrate de platoso-dicarbonyle-diamine.

» Sous l'influence de la chaleur ces composés entrent en fusion et se détruisent en laissant un résidu de platine et en fournissant du sel ammoniac, de l'azote, de l'hydrogène, ainsi qu'un liquide volatil à odeur forte et piquante, qui, traité par l'eau, fournit de l'acide chlorhydrique et de l'acide formique, ou tout au moins un acide volatil réduisant les sels d'argent et de mercure. Ce liquide volatil pourrait être du chlorure de formyle $COH.Cl$.

» Jusqu'à présent, je n'ai pu m'en procurer assez pour vérifier sa composition par l'analyse. Le rendement en chlorure de formyle est faible, et souvent l'oxyde de carbone et l'acide chlorhydrique libres apparaissent seuls parmi les produits gazeux de décomposition des diamines platoso-carboniques.

» On a, en effet,

$$Az^2H^4(COPt).2ClH = ClAzH^4 + Az + H + COHCl + Pt.$$

» Suivant la manière de chauffer, on obtient $CO + ClH$ ou un mélange de ces deux gaz et de chlorure de formyle. L'eau décompose le chlorhydrate de platoso-carbonyle, en donnant un précipité noir de platine, du sel am-

moniacal et de l'acide carbonique :

$$Az^2H^4(COPt), 2ClH + H^2O = 2(ClAzH^4) + CO^2 + Pt.$$

» *Action de l'éthylène sur le chloroplatinite de carbonyle.* — Si l'on dirige de l'éthylène sec sur le chloro-platinite de carbonyle chauffé vers 95 degrés, le gaz est absorbé et le produit fond en un liquide jaune qui se fige par le refroidissement. Il se forme un composé qui répond probablement à la formule

$$C^2H^4_{''}CO_{''}.Pt.Cl^2,$$

chloro-platinite d'éthylène carbonyle et qui représente l'analogue du chloro-platinite de dicarbonyle avec substitution de $C^2H^4_{''}$ à $CO_{''}$.

» Pour peu que l'on dépasse 95 degrés, on voit se dégager de l'acide chlorhydrique, et il reste, lorsque l'action est terminée, un produit, foncé en couleur, insoluble dans l'eau, qui ne se décompose pas, qui a donné des nombres répondant exactement à la formule $C^2H^3.ClPtCO$. On a donc

$$COPtCl^2 + C^2H^4 = ClH + COPtC^2H^3Cl.$$

» Le platine tétratomique serait saturé d'une part par $CO_{''}$, et de l'autre par C^2H^3Cl (éthylène chloré).

» *Action du protochlorure de phosphore sur le sous-chlorure de platine et du perchlorure de phosphore sur le platine.* — Le protochlorure de phosphore $(PhCl^3)_{''}$ se comporte vis-à-vis du sous-chlorure de platine $(PtCl^2)_{''}$ comme l'oxyde de carbone. Il s'y unit facilement. En chassant l'excès de protochlorure de phosphore par un courant d'air sec, et en terminant la dessiccation à 250 degrés dans un courant d'air, il reste un produit solide, jaune-rougeâtre, difficilement volatil, *non fumant* à l'air, mais très-déliquescent, fusible, vers 200 degrés, en un liquide rouge foncé, soluble à chaud dans le protochlorure de phosphore, d'où il cristallise par refroidissement en grains jaunes.

» Les dosages de platine, de chlore et de phosphore ont donné des nombres qui se rapportent exactement à la formule

$$PhCl^3.PtCl^2.$$

» On obtient le *même corps* en chauffant un atome de platine (197) avec 1 molécule de perchlorure de phosphore. On a, en effet,

$$PhCl^5 + Pt = PhCl^3.PtCl^2.$$

» La réaction a lieu sans dégagement sensible de protochlorure de phosphore. Il se forme aussi par l'action à froid de $PhCl^3$ sur le chlorure de platoso-carbonyle; dans ce cas il se dégage CO.

» Le composé signalé par M. E. Baudrimont, obtenu à peu près dans les mêmes conditions et auquel il attribue la formule

$$(PhCl^5)^2.PtCl^4(Pt = 197) \quad \text{ou} \quad PhCl^5PtCl^2(Pt = 98,5),$$

fume fortement à l'air et a donné 26 pour 100 de platine, tandis que le corps dont j'ai donné la description ne fume pas à l'air et a donné 49 pour 100 de platine.

» D'après M. Baudrimont, le composé $(PhCl^5)PtCl^4$ se décompose par l'eau en acide phosphorique, chlorhydrique et en bichlorure de platine.

» Le composé $PhCl^3.PtCl^2$ se dissout bien en jaune dans l'eau avec production d'acide chlorhydrique, mais on ne peut précipiter par le nitrate d'argent que les $\frac{3}{5}$ du chlore de la substance dissoute, et la coloration jaune du liquide est due non à la présence de bichlorure de platine, mais d'un acide complexe $Ph(HO)^3.PtCl^2$, dont l'étude fera l'objet d'une prochaine Note.

» Il est évident, d'après les différences considérables signalées plus haut, que le composé décrit par M. E. Baudrimont est distinct du mien, d'autant plus que, dans la réaction génératrice, ce chimiste, placé probablement dans d'autres conditions que moi, a observé la mise en liberté de quantités notables de protochlorure de phosphore, d'après l'équation

$$Pt + 4PhCl^5 = 2(PhCl^5)^2PtCl^4 + 2(PhCl^3).$$

» J'ai été secondé dans ces expériences par un de mes élèves, M. Tommasi. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la tribromhydrine; par* **M. Louis Henry** (1).

« Dans une Notice insérée, il y a peu de temps, dans les *Comptes rendus* (2), j'ai fait voir que l'isomérie, admise jusqu'ici, de la tribromhydrine $(C^3H^5)Br^3$ avec le tribromure d'allyle n'existe pas, qu'en réalité ces deux produits sont identiques, ou, pour parler d'une manière plus précise,

---

(1) L'Académie a décidé que cette Communication, bien que dépassant en étendue les limites réglementaires, serait insérée en entier au *Compte rendu*.

(2) Séance du 21 mars 1870.

que la tribromhydrine possède les mêmes propriétés que le tribromure d'allyle décrit par M. Wurtz (1).

» Je crois devoir revenir sur ce point, à la suite des observations dont ma Notice a été l'objet de la part de M. Berthelot (2).

» Qu'il me soit permis d'abord de faire connaître succinctement les raisons *théoriques* qui, avant toute recherche expérimentale, m'avaient fait mettre en doute l'isomérie des deux produits en question.

» D'après M. Berthelot (3), *la tribromhydrine serait un corps liquide bouillant vers* 180 *degrés;* or, d'après l'analogie, les propriétés de ce corps doivent être celles, ou à peu près celles, qu'assigne M. Wurtz au tribromure d'allyle. Ce doit être un corps solide fort fusible, ou un liquide aisément solidifiable, bouillant vers 215-220 degrés.

» *a*). *État physique.* — Le bibromure d'éthylène $(C^2H^4)Br^2$ et la tribromhydrine $(C^3H^5)Br^3$ sont des corps en tous points comparables, au point de vue chimique; ils ont de plus, à peu de chose près, la même composition centésimale; le premier est solide ou plutôt solidifiable (fusible à + 9 degrés), le second doit l'être également, d'autant plus que son poids moléculaire est notablement plus considérable. Cette concordance de propriétés existe entre le bromure d'éthylène et le tribromure d'allyle.

	Composition centésimale.		Poids moléculaire.	Densité.	Ébullition.	Fusion.
$(C^2H^4)Br^2$	C....	12,8	188	2,1629 à + 20°	132°	+ 9°
	H....	2,1				
	Br...	85,1				
$(C^3H^5)Br^3$	C....	12,81	281	2,436 à + 13°	218°	+ 16°
	H....	1,78				
	Br...	85,41				

» *b*). *Volatilité.* — Il résulte de la comparaison des combinaisons glycériques chlorées et bromées de même composition générale, que, pour chaque atome de brome à la place d'un atome de chlore, il y a une élévation du point d'ébullition d'environ 20 degrés.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LI, p. 84.

(2) *Comptes rendus*, t. LXX, p. 601.

(3) *Annales de Chimie et de Physique* 3e série, t. XLVIII, p. 320.

	Ébullition.	Différence.
$(C^3H^5)\left<\begin{matrix}Cl\\O\end{matrix}\right.$	118°-119°	20° ou 21°.
$C^3H^5\left<\begin{matrix}Br\\O\end{matrix}\right.$	138°-140°	
$C^3H^5\left<\begin{matrix}Cl^2\\HO\end{matrix}\right.$	176°-178°	41° ou 20° × 2.
$C^3H^5\left<\begin{matrix}Br^2\\HO\end{matrix}\right.$	219°	
$(C^3H^5)Cl^3$ (1)	154°-157°	60 environ ou 20° × 3.
$(C^3H^5)Br^3$ (1).	218°	

» La trichlorhydrine bouillant à 155 degrés, la tribromhydrine doit, par analogie, bouillir à environ 60 degrés plus haut, c'est-à-dire vers 215 degrés; ce sont précisément les relations de volatilité que l'on constate entre la trichlorhydrine et le tribromure d'allyle:

	Ébullition.	Différence.
$(C^3H^5)Cl^3$..........	155°	63° = 21° × 3.
$C^3H^5Br^3$	218°-219°	

» D'un autre côté, il résulte de la comparaison que l'on peut établir, sous le même rapport, entre diverses combinaisons glycériques et allyliques correspondantes, que le remplacement de l'hydroxyle (HO) par le brome ne modifie guère le point d'ébullition du produit primitif :

$C^3H^5\left<\begin{matrix}Cl^2\\HO\end{matrix}\right.$	176°-178°
$C^3H^5\left<\begin{matrix}Cl^2\\Br\end{matrix}\right.$	176°
$C^3H^5\left<\begin{matrix}Cl\,Br\\HO\end{matrix}\right.$	197°
$C^3H^5\left<\begin{matrix}Cl\\Br^2\end{matrix}\right.$	vers 200°
$C^3H^5\left<\begin{matrix}Br^2\\HO\end{matrix}\right.$ (1)......	219°
$(C^3H^5)Br^3$ (1).......	218°-219°

» La dibromhydrine glycérique $(C^3H^5)Br^2(HO)$ bouillant à 219 degrés,

---

(1) Trichlorure et tribromure d'allyle.

(2) Composés allyliques.

il suit de là que la tribromhydrine $(C^3H^5)Br^3$ doit présenter le même point d'ébullition ou à peu près.

» C'est précisément le point d'ébullition du tribromure d'allyle.

» J'ajouterai qu'il est contraire à toutes les analogies que la dichlorhydrine $(C^3H^5)(HO)Cl^2$ (poids moléculaire : 129 ; ébullition : 176 à 178 degrés) et la tribromhydrine $(C^3H^5)Br^3$ (poids moléculaire: 281 ; ébullition vers 180 degrés, suivant M. Berthelot) aient, malgré leur grande différence de poids moléculaire, à peu de chose près, le même point d'ébullition, alors que la dibromhydrine (poids moléculaire : 218) bout à 219 degrés.

» L'examen comparatif des combinaisons *glycériques* et *allyliques* $(C^3H^5)X^3$ est aussi de nature à nous renseigner sur les propriétés que doit posséder la tribromhydrine.

» Les combinaisons saturées $(C^3H^5)X^3$ du radical triatomique (C^3H^5) peuvent s'obtenir par deux voies différentes ou à l'aide de deux produits différents : la glycérine $(C^3H^5)(HO)^3$ et l'alcool allylique $(C^3H^5)(HO)$.

» *Comme l'alcool allylique a lui-même pour origine la glycérine*, on est en droit de conclure que, dans ces deux corps, ainsi que dans leurs dérivés en général, existe le même groupement ou le même radical (C^3H^5), quelle que soit, du reste, la structure de celui-ci. De là résulte cette conséquence, c'est que malgré leur différence d'origine et de mode de formation, *les combinaisons* $(C^3H^5)X^3$ *de même composition doivent être identiques, qu'elles appartiennent à la série glycérique ou à la série allylique.*

» Cette identité, dont le premier exemple a été signalé par M. Oppenheim (1), peut se constater sur les divers dérivés suivants (2) :

$(C^3H^5)Cl^3$,	$(C^3H^5)BrCl^2$,
$(C^3H^5)ClBr^2$,	$(C^3H^5)ICl^2$,
$(C^3H^5)ClBrI$,	$(C^3H^5)(HO)Cl^2$,
$(C^3H^5)(HO)Br^2$,	$(C^3H^5)(HO)ICl$,
$(C^3H^5)(HO)ClBr$.	

» Les seules combinaisons qui fassent exception à cette concordance générale sont la tribromhydrine de M. Berthelot, et le tribromure d'allyle de M. Wurtz.

---

(1) Oppenheim, *Bulletin de la Société Chimique de Paris*, t. II, p. 97.

(2) Je me propose de revenir prochainement, dans une Communication spéciale, sur ce point de l'identité générale des combinaisons glycériques et allyliques de même composition.

» On comprendra que, malgré toute l'autorité du nom de M. Berthelot, j'aie pu et j'aie même dû concevoir des doutes sur la nature du produit qu'il a décrit sous le nom de *tribromhydrine.*

» Ce qui fortifiait encore chez moi ces doutes, c'est l'analyse même de son produit. Voici en effet les chiffres donnés par M. Berthelot (1) :

» *Tribromhydrine,* $(C^3H^5)Br^3$:

	Trouvé.		Calculé.
C^3	36	12,8	11,0 (2)
H^5	5	1,8	2,1
Br^3	240	85,4	86,2
	281	100,0	

» Ces doutes ont été confirmés par l'expérience. J'ai fait voir précédemment que la tribromhydrine, produit de l'action de $PhBr^5$ sur la dibromhydrine, possède, non pas les propriétés du produit décrit sous ce nom par M. Berthelot, mais celles du tribromure d'allyle de M. Wurtz.

» Cette conclusion est bien d'accord avec ce fait signalé antérieurement par M. Wurtz, que l'alcool triatomique $(C^3H^5)(HO)^3$, régénéré du tribromure d'allyle, est *identique* avec la glycérine ordinaire.

» Cependant, dans un travail publié récemment *sur la trichlorhydrine et ses isomères* (3), M. Berthelot persiste à admettre l'isomérie des deux tribromhydrines; il prétend que, si je n'ai pas observé la tribromhydrine qu'il

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique,* 3e série, t. XLVIII, p. 320.

Cette analyse de la tribromhydrine est la seule qu'ait publiée M. Berthelot, je crois même qu'il n'en existe aucune autre. La tribromhydrine est du reste un corps qui, depuis son apparition en 1856, a fort peu occupé les chimistes; la description qu'en donne M. Berthelot a passé sans variantes de son Mémoire dans tous les Traités de Chimie indistinctement.

Pour mieux faire apprécier combien cette analyse est peu satisfaisante, venant surtout d'un chimiste d'une exactitude aussi scrupuleuse que l'est M. Berthelot, je rapporterai ici l'analyse de la dibromhydrine, qui est consignée dans le même Mémoire, p. 313.

Dibromhydrine, $(C^3H^5)HOBr^2$:

	Trouvé.		Calculé.
C^3	36	16,5	16,7
H^6	6	2,7	2,7
O	16	7,4	»
Br^2	160	73,4	73,4
	218	100,0	

(2) La tribromhydrine analysée par M. Berthelot n'était évidemment pas pure.

(3) *Comptes rendus,* 28 mars 1870, et *Bulletin de la Société Chimique,* mai 1870.

a décrite, c'est qu'elle ne se produit pas ou qu'elle est détruite dans les conditions où j'ai opéré.

» J'admettrais volontiers cette explication à une double condition :

» 1° Si les propriétés assignées par M. Berthelot à la tribromhydrine étaient conformes à celles qu'assignent à ce corps la théorie et les analogies les mieux fondées; mais il n'en est pas ainsi : je crois avoir démontré, autant du moins qu'il est raisonnablement possible de le faire, que les propriétés *probables* de ce corps doivent être celles du tribromure d'allyle.

» 2° Si j'avais opéré dans des conditions *réellement*, *essentiellement* différentes de celles où s'est placé M. Berthelot (car, ainsi qu'il le rappelle et qu'il en donne des exemples, les corps isomères se transforment quelquefois avec facilité les uns dans les autres et les conditions *physiques* ou *matérielles* d'une réaction influent, dans certains cas, d'une manière profonde sur la nature des produits qui en résultent), la transformation possible de la tribromhydrine en tribromure d'allyle rappellerait de point en point la transformation, sous l'action d'un échauffement longtemps prolongé, du bromure d'éthylidène en bromure d'éthylène, fait signalé, il y a quelques années, par M. Carius (1).

» Mais, si en réalité le procédé que j'ai suivi pour obtenir la tribromhydrine diffère de celui qu'a suivi M. Berthelot, c'est, non dans le mode de *production* ou de *formation* du produit, mais dans son mode de *purification* seulement.

» J'ai fait réagir $PhBr^5$ sur la dibromhydrine; la réaction est très-vive et a *déjà lieu à froid; avant* de *distiller* et de *rectifier* le produit, c'est-à-dire la tribromhydrine, *je l'ai séparée de l'oxybromure* $PhOBr^3$ formé en même temps, en détruisant celui-ci par l'eau. M. Berthelot, au contraire, *distille le produit brut* de la réaction, mélange de $(C^3H^5)Br^3$ et de $PhOBr^3$; il *traite ensuite par l'eau* et rectifie de nouveau; les quelques lignes qu'il consacre dans son Mémoire à cette opération n'indiquent en effet pas autre chose (2), de plus amples développements étaient au reste inutiles.

» Cette légère différence dans le mode de *purification* du produit d'une même réaction suffit-elle pour rendre compte d'une différence de propriétés comme celle qui existe entre la tribromhydrine décrite par M. Berthelot et celle que j'ai obtenue? Je ne le pense pas. En opérant avec de la dichlorhydrine et du pentachlorure de phosphore, on en ob-

---

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. CXXXI, p. 177.

(2) Mémoire cité, p. 320.

tient en effet dans l'un et l'autre cas, des trichlorhydrines tout à fait identiques.

» Du reste, pour m'édifier complétement sur l'influence de cette variante dans le mode opératoire sur la nature du composé $C^3H^5Br^3$, j'ai tenu à répéter mon expérience en me plaçant dans les mêmes conditions et en opérant de la manière qu'indique M. Berthelot.

» J'ai distillé directement le liquide, mélange de $PhOBr^3$ et de $(C^3H^5)Br^3$ (1), résultant de la réaction de $PhBr^5$ sur la dibromhydrine, mais je n'ai rien ou presque rien recueilli entre 175 et 180 degrés; le liquide commence à passer vers 190; le thermomètre monte, à la fin de la distillation, jusque vers 205 à 207 degrés. Ces circonstances s'expliquent, puisque l'oxybromure de phosphore bout à 195 degrés, et la dibromhydrine vers 218 degrés :

$$\underbrace{PhBr^5}_{431} + \underbrace{(C^3H^5)(HO)Br^2}_{218} = \underbrace{PhOBr^3}_{287} + \underbrace{C^3H^5Br^3}_{281} + \underbrace{HBr}_{81}.$$

» Le produit de la distillation a été traité par l'eau, pour détruire $PhOBr^3$, lavé au carbonate sodique et desséché sur le chlorure de calcium; rectifié ensuite, il passe presque en totalité au delà de 210 degrés; la plus grande partie distille entre 215 et 220 degrés; c'est le même produit que celui que j'avais obtenu précédemment, identique au tribromure d'allyle. J'ai cru superflu, après l'avoir purifié, d'en faire de nouveau l'analyse; mais je n'ai pas obtenu le produit de M. Berthelot, bouillant de 175 à 180 degrés.

» L'action de $PhBr^5$ sur l'épibromhydrine $(C^3H^5)BrO$, action très-vive et très-énergique, m'a fourni, dans les mêmes conditions, des résultats semblables.

» Je ferai remarquer qu'il faut beaucoup de soin et de travail pour obtenir la tribromhydrine dans un état de pureté absolu, c'est-à-dire complétement neutre, incolore et bouillant à 218 et 219 degrés. Ce corps est fort sensible à l'action de l'humidité et de l'eau, et il est difficile de l'en débarrasser totalement à l'aide du chlorure de calcium, qui y surnage; aussi, pendant sa distillation, dégage-t-il habituellement des vapeurs acides; l'eau et l'humidité l'altèrent déjà à la température ordinaire, et le rendent acide; c'est ce qui fait qu'après quelque temps, conservé dans l'air

---

(1) Je tiens à constater que le $PhBr^5$ réagit *déjà à froid* sur la tribromhydrine; la réaction est terminée et le produit formé avant toute distillation.

ordinaire, il répand de légères fumées acides. Ce n'est qu'après l'avoir fait cristalliser, l'avoir séparé du produit impur resté liquide, puis rectifié, qu'on peut l'obtenir dans un état de pureté suffisant pour le soumettre à l'analyse.

» Quoi qu'il en soit, je me crois autorisé à continuer à prétendre que la *tribromhydrine* et le *tribromure d'allyle constituent des corps, non isomères, mais identiques.*

» Je ferai remarquer, en finissant, que ce fait de l'isomérie ou de l'identité de ces deux produits possède, au fond, plus d'importance qu'il ne le paraît. Si le tribromure d'allyle est différent de la tribromhydrine, on ne s'explique guère, sinon par un glissement, une transposition d'atomes, ce qui n'est rien dire, sinon le fait lui-même à expliquer, comment ces deux produits peuvent l'un et l'autre régénérer la même glycérine. L'isomérie de la tribromhydrine et du tribromure d'allyle, si elle existait en réalité, constituerait un fait d'autant plus remarquable, qu'il serait unique et tout à fait exceptionnel, au milieu de l'identité générale constatée entre les dérivés correspondants glycériques et allyliques. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *De l'action de l'ammoniaque sur la lécithine.* Note de **M. Gobley**, présentée par M. Wurtz.

« Dans de précédentes recherches, j'ai étudié la modification qu'éprouve la lécithine en présence des acides et des alcalis minéraux, soit que cette substance ait été retirée du jaune d'œuf ou de la matière cérébrale, soit qu'elle ait été fournie par le sang ou par la bile.

» Dans le travail que je présente aujourd'hui, j'ai cherché à déterminer comment cette curieuse substance se comporte sous l'influence de l'ammoniaque.

» Lorsqu'on fait un mélange à parties égales de lécithine et d'ammoniaque liquide, et, qu'après l'avoir agité, on le laisse en contact pendant un mois, on reconnaît, au bout de ce temps, que la lécithine a subi des changements profonds. Pour les constater, il faut décomposer le mélange à l'ébullition par un excès de lait de chaux; on obtient alors une partie liquide et une partie solide que j'ai étudiées successivement.

» La partie solide, ou la matière grasse, a été traitée par l'alcool bouillant, qui en a dissous la presque totalité, et l'a laissée déposer par le refroidissement. Le résidu se composait de la chaux en excès et d'une petite quantité d'oléate et de margarate de chaux.

» Quant à la substance abandonnée par l'alcool, elle a été purifiée par plusieurs dissolutions dans ce liquide, et traitée par le charbon animal pour la décolorer complétement. Ainsi obtenue, elle est très-blanche, d'un aspect micacé, inaltérable à l'air et sans action sur les réactifs colorés.

» Cette matière est fusible à plus de 60 degrés, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool bouillant et dans l'éther. Elle brûle avec une flamme éclairante, sans laisser de charbon, et elle présente tous les caractères d'un amide. Ainsi les alcalis en dégagent de l'ammoniaque et laissent pour résidu un véritable savon (1).

» La substance grasse fournie par la lécithine en présence de l'ammo-

---

(1) Soumise à l'analyse, elle a fourni les résultats suivants :

	I.	II.
Substance brûlée........	0,180	0,2105
Acide carbonique........	0,498	0,5865
Eau..................	0,210	0,2395

ce qui donne pour 100 :

	I.		II.
C.......	75,44	C.......	74,98
H.......	12,95	H.......	13,16

Pour l'azote, $0^{gr},2735$ de matière ont fourni $14^{cc},25$ de gaz mesuré à 21 degrés, sous la pression de $0^{m},762$, ce qui donne en poids pour 100 :

Az....................	5,95

On a donc pour la première et la seconde expérience :

	I.		II.
C.......	75,44	C.......	75,98
H.......	12,96	H.......	13,16
Az.......	5,95	Az.......	5,95
O.......	5,65	O.......	4,91
	100,00		100,00

Lorsqu'on rapproche les propriétés et la composition de la substance analysée de celles de la margaramide, on voit que ces deux matières sont identiques. En effet, la théorie exige, pour cette dernière, la composition suivante :

C....................	75,83
H....................	13,01
Az....................	5,20
O....................	5,96
	100,00

niaque est donc de la margaramide. Il ne se produit, dans cette circonstance, comme nous l'avons dit, qu'une très-petite quantité d'acide oléique et d'acide margarique.

» Quant à la partie liquide, séparée de la matière grasse et de la chaux par la filtration, elle a été évaporée pour chasser l'excès d'ammoniaque, et additionnée d'acétate neutre de plomb. Il s'est formé un précipité de phosphoglycérate de plomb, qui a été recueilli, tandis que la liqueur a été débarrassée de l'excès de plomb qu'elle renfermait par l'hydrogène sulfuré.

» La liqueur résultant de ces opérations a d'abord été chauffée avec de la baryte pour isoler toute l'ammoniaque, puis avec un excès d'acide oxalique, pour séparer la baryte et chasser l'acide acétique. Elle a été enfin mise en contact avec du carbonate de baryte, pour précipiter l'acide oxalique à l'état d'oxalate de baryte. Après avoir été filtrée de nouveau, évaporée en consistance sirupeuse, puis neutralisée par l'acide chlorhydrique, la liqueur a été additionnée d'un excès de chlorure de platine et précipitée par l'alcool absolu. Le précipité jaune-rougeâtre qui s'est formé a été recueilli, redissous dans l'eau distillée, et mis à évaporer dans une capsule disposée sous une cloche au-dessus de l'acide sulfurique. Au bout de peu de temps, on ne tarde pas à voir se former des cristaux volumineux, d'une couleur orangée, solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool, et dont la forme est exactement celle du chloroplatinate de choline; ce sont des lames rhomboïdales modifiées par des facettes se coupant sous les angles 121 et 128 degrés.

» Il est préférable de passer par le sel d'or, parce que le chloro-aurate de choline, étant moins soluble que le chloroplatinate de la même base, est par conséquent plus facile à purifier.

» M. Friedel, qui a bien voulu examiner les cristaux que j'avais obtenus et en mesurer les angles, les a trouvés entièrement semblables à ceux préparés par M. Wurtz. L'analyse du reste est venue confirmer ces résultats.

» En résumé, la lécithine, en présence de l'ammoniaque, donne naissance à de la margaramide, à de l'acide phosphoglycérique et à de la choline. Se forme-t-il, pendant la réaction, d'autres produits? c'est une question que je chercherai à étudier dans un prochain Mémoire.

» Je ne terminerai pas sans remercier M. Wurtz, qui a mis, d'une manière si obligeante, à ma disposition son laboratoire, dans lequel mes analyses ont été faites. »

PHYSIOLOGIE. — *Le sympathique par rapport à la sécrétion des urines.* Note de **M. C. Peyrani.**

« Ferrare, 4 juin 1870.

» Dans le but de constater le rôle du grand sympathique dans la sécrétion urinaire, j'ai fait une longue série de recherches expérimentales sur vingt-cinq chiens, trois chats et quarante-sept lapins. Dans ces expériences, j'ai évalué la quantité de l'urine et de l'urée, soit dans les six heures qui précédaient toute expérimentation, soit pendant les six heures de l'excitation galvanique (obtenue au moyen d'un courant, continu ou d'induction, faible, de force moyenne ou très-fort) du sympathique au cou, mais non coupé, soit pendant les six heures de galvanisation du bout périphérique du sympathique coupé au cou, soit encore pendant les six heures que j'ai observé les animaux après la section au même point du sympathique, sur lequel je n'avais fait arriver aucune excitation.

» Voici les conclusions qui en ressortent, dans leur ensemble :

» 1° Les quantités de l'urine et de l'urée s'élèvent, au fur et à mesure qu'on augmente la force du courant voltaïque;

» 2° Lorsque l'on emploie des courants galvaniques de la même intensité, le courant d'induction produit une élévation beaucoup plus grande dans la quantité des urines et de l'urée, que le courant constant;

» 3° Si l'on coupe le sympathique, mais qu'on ne l'excite pas au moyen du galvanisme, la quantité de l'urine et de l'urée atteint un *minimum*.

» 4° Lorsque l'on galvanise le bout périphérique du sympathique coupé au cou, la quantité de l'urine et de l'urée descend bien au-dessus du niveau normal, quoique les chiffres soient toujours beaucoup au-dessous de ceux qu'on obtient en galvanisant le sympathique qui n'a pas été préalablement coupé. »

PARASITISME. — *Sur une nouvelle espèce de* Peronospora, *parasite des Cactus.* Note de **MM. H. Lebert** et **Cohn**, de Breslaw, présentée par M. Ch. Robin.

« Les espèces de *Peronospora,* dont le développement a été étudié principalement par de Bary, atteignent les plantes les plus diverses et y occasionnent ordinairement des changements de forme analogues aux galles dans les organes dans l'intérieur desquels végète leur mycélium. On peut citer comme type de cette action la *Peronospora parasitica,* qui se développe

sur la tige des fleurs des Crucifères, et fréquemment surtout sur la *Capsella bursa Pastoris*, et entraîne un gonflement et une déformation de la tige, semblables à ceux occasionnés par les animaux qui donnent origine aux galles, guêpes, cousins, cirons des végétaux (*Phytopus*). Dans tous ces cas, le tissu cellulaire attaqué n'est point détruit, mais subit plutôt une hypertrophie pathologique.

» Le champignon des pommes de terre (*Peronospora devastatrix*) fait une exception parmi les espèces de ce genre, en ce sens qu'au lieu d'entraîner l'hypertrophie, il conduit à la mortification du tissu cellulaire atteint, accompagnée d'une coloration brune des membranes cellulaires et de décomposition putride. Il s'ensuit que les feuilles atteintes du *Solanum* deviennent noires, tandis que les tubercules dans le sol se putréfient.

» Nous avons eu occasion d'observer un nouveau cas de cette putréfaction du tissu cellulaire par une *Peronospora*. Pendant l'hiver de 1867 à 1868, plusieurs exemplaires de *Cereus giganteus* et de *Melocactus* de la riche collection de Cactées de M. le général de Jacobi, célèbre par ses travaux sur les *Agaves*, commençaient à se putréfier sans cause connue. Tandis que l'épiderme épais du Cactus ne subissait aucun changement notable, le tissu cellulaire dessous montrait une décomposition complète avec dissolution de la substance intercellulaire, de façon qu'il fût facile d'isoler les cellules du parenchyme. Le contenu de ces cellules, larges d'environ $0^{mm},15$, était mortifié, brun, la membrane était ramollie, en partie même dissoute, de façon que le tissu cellulaire paraissait tout à fait diffluent dans les préparations microscopiques, et que les beaux amas de cristaux d'oxalate de chaux et les grains composés d'amidon sortis des cellules se trouvaient libres sur le porte-objet. Ce Cactus nous fit tout à fait l'effet d'être atteint d'une putréfaction interne, semblable à celle des pommes de terre malades. En général, la plante était mortifiée jusqu'à la racine; une seule fois nous avons reçu un exemplaire qui présentait encore des parties saines à côté de celles qui étaient putréfiées.

» Lorsqu'on garde un de ces Cactus dans l'air humide, sous une cloche en verre, on voit bientôt de la moisissure apparaître au dehors, d'abord par taches isolées, puis sur toute la surface de l'épiderme.

» Sous le microscope, des fragments de parenchyme du Cactus malade, que nous avons examiné en janvier 1868, montraient la présence d'un mycélium développé d'une manière assez dense à travers tout le tissu cellulaire, mycélium composé de fils unicellulaires très-longs et minces, ondulés, de calibre égal ou inégal, remplis de vésicules ou de gouttelettes incolores,

se divisant presque à angle droit, sans distance régulière, sur le trajet du fil principal; ces rameaux ont presque le même calibre que les fils principaux; les rameaux envoient à leur tour, aussi presque à angle droit, des petits ramuscules. En général, les fils du mycélium n'offrent point de cloisons; leur largeur est en moyenne de $0^{mm},004$ à $0^{mm},006$.

» Au premier abord, il semblait que les rameaux du mycélium pénétraient dans l'intérieur du parenchyme du Cactus, mais en examinant de plus près, et par diverses méthodes, nous pûmes nous convaincre que le mycélium se trouvait seulement entre les cellules, dans les espaces intercellulaires qui forment un système continu de canaux dans le tissu du Cactus. Nulle part nous n'avons vu pénétrer le mycélium dans l'intérieur d'une cellule.

» La quantité du mycélium prouve déjà qu'il s'agit d'une *Peronosporée* ou d'une *Mucorinée*, l'une et l'autre caractérisées par un mycélium unicellulaire à ramifications rectangulaires. Les organes de fructification cependant ne laissent pas de doute qu'il s'agit d'une Peronosporée. Déjà à l'œil nu, on voit dans le tissu brun et putréfié du Cactus des taches plus foncées, que l'on reconnaît sous le microscope comme des amas d'*Oospores*.

» Il se forme sur les fils du mycélium, sous forme de faisceaux en grappe, partant de quelques rameaux principaux, des ramuscules courts et étroits qui offrent un renflement à leur sommet formé des vésicules à tige courte, et qui se remplissent si complétement d'un plasma granuleux, qu'elles en deviennent opaques. A côté et au-dessus de ces organes globuleux, que nous avons à désigner comme *Oogonies*, naissent des ramuscules fins du mycélium, qui serpentent d'une manière ondulée, et, avant de se diviser en ramuscules courts, entourent étroitement l'oogonie. Ces organes sont les *Anthéridies*, et l'on trouve autour de tous les oogonies de ces anthéridies qui leur sont étroitement accolés pour opérer la fécondation. Il est bien plus difficile de se rendre compte de l'acte de la copulation, vu que les nombreux tours des anthéridies rendent très-difficile la distinction de l'endroit exact de leur réunion. Le contenu de l'anthéridie se condense autour d'un corps séminal qui remplit son renflement terminal cunéiforme, tandis que le reste du fil paraît vide de contenu, même dans ses quelques renflements qui se voient à des distances irrégulières. On voit partir du renflement terminal de l'anthéridie des tuyaux fécondants en forme d'entonnoir, qui approchent directement l'oogonie, mais que nous n'avons pas pu reconnaître dans son intérieur.

» L'oogonie non fécondée est remplie d'un protoplasma jaune, parais-

sant grisâtre par son opacité, tandis que celle qui est fécondée est brune, le photoplasma de son intérieur se transformant en une oospore parfaitement sphérique, entourée d'une membrane épaisse lisse, brune, à double contour, et qui est une spore durable. Son diamètre varie de $0^{mm},020$ à $0^{mm},027$; en moyenne il est de $0^{mm},024$; le contenu montre d'abord quelques gouttelettes huileuses, puis une masse unique, d'apparence huileuse; mais nous n'avons point pu observer son développement ultérieur et sa germination.

» Le duvet blanc des Cactus malades se compose de filaments du mycélium de l'intérieur, qui est sorti à travers les ouvertures en fente de la surface; ces fils se répandent sur la cuticule et s'y fixent au moyen de petits ramuscules qui partent à angle droit. De ces rameaux se lèvent des porte-fruits (*Fruchttræger*) sous forme de *hyphes* unicellulaires, qui souvent s'accolent à la cuticule et offrent au sommet un petit renflement pyriforme, qui grandit peu à peu et se remplit d'un plasma jaunâtre, et finit par se séparer, par une cloison, du fil qui lui a donné naissance. Ce sont là les corpuscules qui opèrent la propagation non sexuelle de notre *Peronospora*, *corpuscules* que de Bary désigne, pour la *Peronospora devastatrix*, comme *Sparanges*, que l'on désignerait peut-être mieux comme *Conidies*. Au-dessous de la conidie, le fil continue à croître latéralement, pour offrir à son sommet de nouveau un renflement qui forme une seconde conidie, et ce genre de développement peut se répéter plusieurs fois.

» Les conidies mûres se détachent facilement des fils et se répandent en masse à la surface de la cuticule, tandis qu'à sa face inférieure se développent en même temps les oospores. Les conidies mûres sont rarement sphériques, plutôt ovoïdes ou en forme de citron; leur bout supérieur large est arrondi, tandis que le bout plus étroit se termine en courte pointe, parfois même recourbée en forme de crochet; leur diamètre varie de $0^{mm},035$ à $0^{mm},068$, en moyenne il est de $0^{mm},048$, c'est-à-dire du double plus grand que les oospores; leur membrane d'enveloppe est mince, le contenu n'offre que du protoplasma, sans huile; ils germent assez facilement, la pointe s'allongeant en tube germinateur (*Keimschlauch*), sans former des *Zoospores*, comme dans le champignon de la pomme de terre. Souvent il se forme, sous l'origine du tube germinateur, un rameau qui en part à angle droit; il est rare qu'une conidie germe avec deux tubes germinateurs qui partent alors de points opposés de sa surface.

» La maladie des Cactées provoquée par notre *Peronospora* ne paraît pas fréquente. Au moins, nous n'avons pu réussir, jusqu'à ce jour, à retrouver notre *Peronospora* sur les nombreux Cactus malades et putréfiés

que nous avons examinés dans la riche collection de notre Jardin botanique et ailleurs. Nous regrettons même vivement d'avoir été ainsi empêchés de combler expérimentalement plusieurs lacunes de notre travail sur son développement.

» Les Cactus malades ou putréfiés par d'autres causes offrent surtout des Mucorinées, des *Pénicillium*, dés *Fusispories*, des *Cladospories* et les commencements de diverses *Sphæriacées* qui se montrent plus tard avec leurs fruits à la surface des Cactus morts; leur mycélium se compose ordinairement de fils bruns multicellulaires qui pénètrent dans les cellules du Cactus mort et contribuent à sa destruction ultérieure. Mais ces champignons ne sauraient être envisagés comme cause de la maladie de ces Cactus; ils constituent bien plutôt des champignons épigénétiques qui accompagnent ordinairement la putréfaction.

» La *Peronospora* du Cactus nous donne seule un cas nouveau de destruction de la plante nourricière par ce genre de champignons, dont l'action mortifiante est d'autant plus intéressante que le mycélium ne pénètre point dans les cellules du Cactus. Comme il n'y a point dans nos serres de *Peronospora* dont la transmission sur les Cactus puisse être supposée, il est probable que la *Peronospora* des Cactus vient d'Amérique, de la patrie des Cactus, avec des exemplaires directement envoyés de là. C'est ainsi que s'explique aussi sa rareté apparente.

» Nous croyons que la *Peronospora* observée par nous constitue une espèce nouvelle que nous désignons comme *Peronospora Cactorum*, n. s. »

ZOOLOGIE. — *Sur la reproduction scissipare des Naïdiens*. Note de **M. Edm. Perrier**, présentée par M. de Quatrefages.

« Les études sur la scissiparité des Naïs et des Oligochètes voisins ne portent guère, jusqu'à présent, que sur la *Naïs proboscidea*.

» Gruithuisen, O.-F. Müller, Leuckart et, en dernier lieu, Max Schultze ont successivement étudié ce phénomène. Leurs opinions, quoique distinctes à certains points de vue, peuvent néanmoins se ramener au fond à ceci :

» *Les Naïs présentent alternativement deux modes de génération agame : un même individu* SE PARTAGE *d'abord en deux autres d'égale longueur, puis chacun des individus ainsi formés en produit un nouveau à sa partie postérieure par voie de* BOURGEONNEMENT.

» Les observations que nous avons faites sur le *Dero obtusa* nous permettent de présenter, sous un autre aspect, le mode de reproduction des *Naïs*.

» Tandis que chez la *Naïs proboscidea* on trouve fréquemment des chaînes de trois ou quatre individus, nous n'avons jamais vu, chez le *Dero obtusa*, que deux individus placés bout à bout. La tête de l'individu postérieur et la queue de l'individu antérieur se forment du reste exactement comme l'indique Max Schultze, pour sa Naïs. Ces deux individus se séparent avant qu'on observe sur eux aucune trace de scissiparité nouvelle; mais, en avant du pavillon respiratoire qui termine leur corps, on voit toujours, *tant que l'individu n'est pas adulte*, de nombreux animaux en voie de formation et dans lesquels on peut suivre le développement des sacs sétigères, des organes segmentaires, des muscles, etc. Lorsque les deux individus séparés ont acquis une longueur suffisante, la scissiparité médiane recommence sur eux, comme sur l'individu unique aux dépens duquel ils se sont formés.

» Or, comme ce phénomène ne se produit que lorsque l'animal a acquis une certaine longueur, il en résulte que l'individu postérieur de deuxième génération sera formé d'anneaux qui ne se sont développés qu'après la séparation de l'individu de première, mais *faisaient partie intégrante de cet individu lorsqu'ils se sont produits*.

» Ainsi le *Dero* commence par *grandir* par la formation d'anneaux en avant de son pavillon vibratile; il se *scissiparise* ensuite.

» Ceci posé, supposons que les deux *Dero* de première génération ne se fussent pas séparés après leur individualisation; on voit que les individus de seconde génération se seraient produits entre le pavillon vibratile et le reste du corps de chacun des individus de première génération.

» De plus, chacun de ces individus nouveaux aurait été formé au moyen d'anneaux nés après l'individualisation des deux *Dero* primitifs, comme nous l'avons expliqué.

» Mais nous retombons alors exactement sur la loi développée par Max Schultze (1) pour la *Naïs proboscidea*. Nous y retombons sans invoquer d'autre bourgeonnement que celui qui constitue le mode d'accroissement normal et continu de l'Annélide en question.

» Nous croyons donc pouvoir émettre l'opinion que, chez les *Naïs*, il n'y a pas deux modes de reproduction agame, l'un par voie de *scissiparité*, l'autre par voie de *bourgeonnement*. Il y a purement et simplement *scissiparité*.

» Le bourgeonnement, vu par les auteurs qui ont déjà traité la question,

---

(1) *Archiv für Naturgeschichte von Troschel*, t. XXXV, 1852, et t. XXIX, 1842.

ne nous paraît pas autre chose que le phénomène normal d'accroissement de l'individu. Aussi ne le retrouve-t-on plus dans la partie postérieure du corps des individus adultes. C'est seulement quand il a ramené chaque individu, né par scissiparité, à une certaine taille, qu'une nouvelle division se produit. Cette division nouvelle apparaîtra avant ou après la séparation complète des individus primitifs. Là est, selon nous, la seule différence. »

MÉTÉOROLOGIE — *Sur un orage qui a éclaté le 29 mai aux environs d'Alais.* Extrait d'une Lettre de **M. E. Bourgogne** à M. Dumas.

» Le dimanche 29 mai, vers les 3 heures, le soleil s'obscurcit, quelques nuages très-épais parurent à l'horizon. Tout à coup un vent violent se leva, et la grêle tomba en telle quantité et avec une force telle, que, de mémoire d'homme, on n'avait rien vu de pareil jusqu'à ce jour. Quand on parlait de grêle, on se rappelait avec terreur un orage qui éclata sur nos pays en 1830, mais qui réellement ne fut rien, si l'on en compare les suites à celles de l'orage du 29 mai.

» Dans la campagne, les grêlons étaient de la grosseur d'une petite noix; ils avaient la forme d'une poire et se terminaient par une pointe. Un de mes amis, surpris en voiture par l'orage, a mesuré sur la route une épaisseur de 30 centimètres de grêle. Quand la grêle eut cessé de tomber, une pluie abondante lui succéda, et, une demi-heure après, le soleil reparut. Ce temps avait suffi pour tout détruire.

» La campagne fait mal à voir; les avoines et les blés sont hachés, et la vigne est entièrement dépouillée de ses feuilles; dans beaucoup d'endroits, les sarments sont pelés. Les grêlons étaient si durs que, le lendemain matin, au lever du soleil, on en retrouvait encore en assez grande quantité dans les champs.

» La carte de l'arrondissement, que je joins à ma Lettre, montre le chemin parcouru par cet orage. Les détails que j'ai pu recueillir jusqu'à ce moment mentionnent, comme les plus maltraitées, les communes de Saint-Martin-de-Valgalgue, Saint-Privat-des-Vieux, Servas, Mons, Mejane-lez-Alais, Montal, Saint-Just, Euzet, Saint-Hippolyte-de-Catou, Martignargues, Saint-Maurice.

» Un gros olivier centenaire a été déraciné, enlevé et transporté à plus de 30 mètres. Les noyers ont été complétement écorcés; les coignassiers de même. »

PHYSIOLOGIE. — *Nouveau signe de la mort*. Note de **M. É. Duboux**, présentée par M. Wurtz.

« Si l'on instille dans l'œil d'un homme vivant quelques gouttes d'une solution d'atropine, on voit, au bout de quelques instants, se produire une dilatation de la pupille, dilatation très-facile à constater par comparaison avec l'œil non soumis à l'influence de l'atropine et dont la pupille ne s'est pas dilatée.

» Cette action de l'atropine est parfaitement constante, quel que soit l'état de l'œil et quel que soit l'état général.

» Elle est tellement indépendante de l'état de l'œil, qu'elle se produit dans le cas d'amaurose complète, dans les cas de paralysie ou de section de la troisième paire. Elle se manifeste encore, d'après Czermak, lorsque l'on a coupé tous les nerfs ciliaires. Elle est tellement indépendante de l'état général, qu'elle se manifeste, d'après Meuriot, sur l'œil qui vient d'être extirpé de l'orbite, aussi longtemps que persiste la contractilité musculaire. On peut donc affirmer que sur l'homme vivant l'atropine produit toujours une dilatation pupillaire; et toutes les fois que l'atropine restera sans action, on pourra affirmer que la contractilité musculaire a disparu, c'est-à-dire que la vie a entièrement abandonné l'organisme.

» Ces faits sont connus. On peut les mettre à profit pour constater les cas de mort apparente, ainsi que l'a déjà proposé M. Bouchut.

Toutefois il est nécessaire de faire une restriction : il peut arriver en effet que où le sujet à examiner présente une dilatation pupillaire : il en est souvent ainsi dans les cas de mort apparente, seulement la dilatation n'est pas très-considérable. Elle serait énorme dans les cas d'empoisonnement par la belladone. Il est donc nécessaire de *recourir à une contre-épreuve*, et l'on aurait, dans l'action des substances qui resserrent la pupille (comme la fève de Calabar), un moyen très-simple d'éviter une erreur funeste. »

M. P. Guyot adresse, de Nancy, deux Notes relatives : l'une à l'influence exercée, sur la lydine, par l'acide organique employé à sa préparation; l'autre à la conservation des œufs de papillons. D'après cette dernière Note, l'acide phénique, à très-petite dose, peut servir à conserver, dans des tubes fermés, les œufs de tous les papillons : il les empêche d'éclore, sans altérer leur structure ni leur nuance.

M. G. Tournois adresse, de Bourges, une Lettre relative à un procédé d'installation d'un pont tubulaire au travers de la Manche.

M. **Toselli** adresse une Note relative à un abaissement de température que produit, dans une masse d'eau, la rotation d'un tube métallique courbé en spirale, en tournant autour d'un axe horizontal perpendiculaire à son plan et passant par son centre.

La **Société Scientifique**, qui s'occupe de l'exploration de la *grotte des Morts*, près d'Alais, informe l'Académie que, d'après les nouvelles recherches qui ont été faites, cette cavité semblerait être une faille, occupée d'abord par un filon de minerai de plomb : ce minerai aurait été exploité, et la cavité aurait été utilisée ensuite, soit comme habitation, soit comme lieu de sépulture, par la race dont on y découvre les restes. Il y aurait donc grand intérêt à compléter cette exploration.

Cette Communication sera transmise à la Commission administrative.

« **M. Chasles** présente, de la part de M. le prince *B. Boncompagni*, le numéro de décembre 1869 qui termine le second volume du *Bullettino* des Sciences Mathématiques et Physiques. Cette livraison renferme la continuation de l'intéressant travail de M. Sédillot sur les professeurs de Mathématiques et de Physique générale au Collége de France. Elle se termine par deux Tables étendues et extrêmement utiles, l'une des publications récentes renfermées principalement dans les Recueils scientifiques de tous les pays, et l'autre des noms cités dans le volume du Bulletin qu'elle termine. Ces Tables, qui n'occupent pas moins de 40 pages grand in-4°, en petit-texte, attestent le zèle et les efforts puissants qu'apporte M. Boncompagni dans l'entreprise dont tous les savants lui sont reconnaissants. Nous avons dit, dans une séance précédente, que le travail de M. Sédillot avait donné lieu à des recherches de M. Boncompagni lui-même sur plusieurs savants du XVIe et du XVIIe siècle, Roberval notamment; nous citerons encore Hérigone, qui a tenu un certain rang parmi les mathématiciens de son temps, dont les ouvrages ont été fort répandus, et dont les biographies ne prononcent pas même le nom. M. Boncompagni a recherché tout ce qui peut se rapporter à ce savant, qui a pris part, avec le président Etienne Pascal, Mydorge, l'abbé de Chambon et d'autres, aux discussions auxquelles la découverte des longitudes de J.-B. Morin a donné lieu. »

La séance est levée à 5 heures et demie. D.